

전남 다도해형 바다목장
기반조성사업 연구용역 보고서
(1단계 2차년도 요약보고서)

Study on the Foundation-laying of Jeonnam
Archipelago Marine Ranching Program in
Korea

2004. 6

주관연구기관
한국해양연구원

해 양 수 산 부

전남 다도해형 바다목장
기반조성사업 연구용역 보고서
(1단계 2차년도 요약보고서)

Study on the Foundation-laying of Jeonnam
Archipelago Marine Ranching Program in
Korea

2004. 6

주관연구기관
한국해양연구원

해 양 수 산 부

제 출 문

해양수산부 장관 귀하

본 보고서를 "전남 다도해형 바다목장 기반조성 사업(2차년도) 연구용역" 과제의 최종보고서로 제출합니다.

2004. 6.

주관연구기관명 : 한국해양연구원

협동연구기관명 : 한국해양수산개발원

여수대학교, 한국연안환경생태연구소

총괄연구책임자 : 김 종 만(한국해양연구원)

세부연구책임자 : 어장조성분야

강 래 선(한국해양연구원)

어장조성(부유생태계)분야 윤 양 호(여수대학교)

어장조성(저서생태계)분야 홍 재 상(한국연안환경생태연구소)

자원조성분야 명 정 구(한국해양연구원)

이용관리분야 류 정 곤(한국해양수산개발원)

참여연구원 :

한국해양연구원

김종만 허형택 이순길 박철원 명정구 강래선 홍경표 노충환 최승민 박흥식 오승용 김민석
박용주 최희정 원기식 이학철 노봉호 장요순 조선형 박정호 백상규 윤선희 박찬홍 석봉출
권수재 추용식 김창환 이승훈 이광자 현상민 유이선 정기현 박은순 이주영 김현주 신필권
김정훈 홍석원 양찬규 최학선 홍기용 홍사영 장택수 김진하 최성권 안국전 김봉채 최복경
김병남 강충배 이민경 이기영 정웅식 이운호 최현우 김말섭 정태운 정종범 최원선

국립수산과학원

고태승 김대권 김영승 박성욱 김정배 고우진 이재성 정래홍 이영식 최용규 김종빈 윤장택
서미경 문경훈 양준혁 박용석 위종환 전임기 명정인 조재권 신윤경 박경현 정민민 윤성종
하동수 손맹현 김우진 박중연 박두원 이배익 황형규 오봉세 김진도 정춘구 박민우 정달상
이민우 김광재 이시우 최창우 신수현 윤용현 김철원 심두생 김진영 이용화 권기영 조은섭
오현주 김기현 조성환 차병열 최임호 강승용 김현주 유 준

한국해양수산개발원

류정곤 신영태 김정봉 정명생 조정희 강종호 이상민 안재현 임경희 김수현 김정협 정혜란
손정선

여수대학교

윤양호 한경호 서호영 김영옥 이성훈 윤성민 김춘철 김관석 황선영 신현호 손성배 김혜선
서성호 남정연 홍지선 김관석 유경희 황두진 이유언 김동언 서범석 이원교 최낙현 최상덕
윤호섭 한중석 고현정 김 정

한국연안환경생태연구소

홍재상 채진호 김영옥 유재원 김창수 박미라 한창훈 김정수 이수진 황규호

한국해양대학교

박한일

충남대학교

홍도천

경상대학교

김남길 오원록 배병석 신설호 조상대

순천향대학교

마채우

부경대학교

최설화 강용주 권대현 박경동 이해원 김정현 신현옥 태종완 강주석

목 차

제 1 장 서론	1
제 2 장 생태계 특성	5
제 1 절 해양환경	5
제 2 절 생태계 특성	9
제 3 장 어장조성기술	35
제 1 절 해중림 조성기술	35
제 2 절 인공어초연구	40
제 3 절 소파제	56
제 4 장 자원조성기술	61
제 1 절 방류용 종묘생산 및 우량종묘 판정법	61
제 2 절 중간육성기술	68
제 3 절 음향순치기술	70
제 4 절 대상 생물의 방류 기술	71
제 5 절 대상 생물의 생태 및 행동연구	74
제 6 절 해중림 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사	81
제 7 절 자원조사	83
제 5 장 바다목장 이용·관리 기술	97
제 1 절 서론	97
제 2 절 바다목장 이용관리 실태조사	98
제 3 절 유어낚시 및 관광실태 조사	103
제 4 절 바다목장 이용관리체제 구축	107
제 5 절 바다목장산 어획물의 유통체제 분석 및 구축방안	112
제 6 절 전남 다도해형 바다목장 수정 마스터플랜	113
제 7 절 결론	121
부록	123

제 1 장 서론

인구증가와 소득향상으로 수산물 수요는 증가하고 있으나, 200해리 신 해양 질서에 따른 어장의 축소 및 수산자원 고갈 등으로 단위면적당 생산량이 감소하고 있어 연안 어장은 점차 황폐화되어가는 추세이다. 바다목장화 사업은 연안 바다에 인공어초, 인조해조장 등을 시설하여 해양생물에게 서식공간을 제공하고 훈련된 수산종묘를 방류하여 해역 내 수산자원을 증대시키는 한편, 목장의 해양환경을 자동적으로 조사하면서 생산 잠재력을 유지하고 최대한의 지속적 생산을 도모하여 안정적인 수산물 공급체계를 구축하는데 그 목적이 있다. 또한 바다목장화 사업을 통하여 우리 바다의 종합적인 이용-관리 체제를 확립하고, 효율적인 자원관리 및 수산물의 지속적인 생산을 통한 어업인 소득향상을 도모할 뿐만 아니라 양식업, 연안수산업 및 해양건축, 토목 등 관련 산업의 육성 및 기술발전을 촉진하고, 1차 산업 중심의 수산업을 해양공학 및 생명공학 등과 연계한 고부가가치 산업으로 발전시켜 경쟁력 있는 어업기반을 구축하게 된다.

전 세계의 각 연안국이 바다를 자국 영토의 일부로 인식하고 있는 현재 우리나라의 연안의 생물자원은 우리들의 고급 수산 단백질 공급원으로서가 아니라 앞으로 후손에게 물려줄 유산의 하나인 것이다. 지난 수십 년간 남획과 연안 오염으로 말미암아 연근해의 수산 자원이 고갈되어 와 일부 생물 종은 심각한 현상을 들어내고 있는 실정이지만 최근 새로운 해양 질서의 정립과 함께 원양 어장은 축소되어 국민들의 수산물에 대한 수요는 점차 증가하고 있어 국내 수산업의 존립 기반마저 흔들리고 있는 실정이다.

지구상의 바다에 살고 있는 해양생물 자원은 대부분 인류가 이용할 수 있는 것이고 또 지금까지의 이용 가능한 목적 생물(수산생물)의 수가 적다고는 하지만 연안 생태계 내에서는 환경과 생물, 생물과 생물 서로간의 밀접한 관계를 갖고 있어 미래의 새로운 자원을 개발하고 그 자원의 지속적인 생산을 위해서는 보다 종합적인 연구 사업 수행이 요구되었다.

가까운 일본에서는 60년대부터 연안목장화 사업을 시작하여 환경 제어, 어초 제작, 음향급이 시스템 개발 등 다양한 분야의 기술을 접목하여 80년대에는 20여 개소에 달하는 해양목장을 운영 중에 있으며, 2000년대에는 1,200만 톤의 수산물 생산을 목표로 투자 계획을 세워놓고 있다. 한편, 유럽의 노르웨이에서는 60년대 대서양연어를 대상으로 목장화 사업을 시작으로 80년대에 들어와서는 대구, 바다가재 등을 대상으로 사업을 추진 중에 있다. 그 외에도 미국, 뉴질랜드, 중국 등지에서도 인류의 마지막 자원 보고인 바다의 생산력을 최대한 이용하려는 노력의 하나로 바다목장화 사업을 계획, 추진 중에 있다.

우리나라에서는 1970년대 연근해 어업진흥계획을 시작으로 80년대에는 연안 어장 바다목장화 사업(1982-89)을 추진한 바 있으며 인공 어초 시설, 인공 종묘 방류, 증양식 어

업 개발, 내수면 어업 촉진 및 어장 환경 보전 등에 필요한 여러 가지 사업을 지방자치단체 중심으로 추진하고 있다. 그러나 이러한 사업은 대부분 산발적으로 이루어져 왔으며 많은 부분이 어촌 정비 사업에 치우쳐져 있어 종합적인 계획 아래 연안의 잠재력 증진이란 목표에는 달하여 있지 못한 실정이다.

이러한 시점에서 1998년 통영 해역으로부터 시작된 바다목장화 사업은 바다에서의 수산물 생산 자체를 제조업적 생산시스템의 개념으로 이해하는 한편 지금까지의 단순한 채포(catching), 또는 양식(culture)이 아니라 계획적 생산과 기업적 경영시스템 개념 하에 발전시키려는 종합적인 연구 사업으로서 앞으로 우리나라 연안의 생산력을 회복하고 환경친화적인 연안 어업을 활성화하여 어민 소득 증대에도 기여할 수 있는 유일한 방법으로 생각된다.

즉, 현재의 증·양식 사업보다 해양 생물자원의 지속 가능한 높은 생산력 유지와 이용을 고도화하기 위한 해양 공학 등의 기술을 활용한 바다 생산 잠재력을 되살리려는 연구가 바로 바다목장화 사업인 것이다.

따라서, 본 연구는 인구 증가와 소득 향상으로 수산물의 수요는 증가 추세에 있으나 새로운 국제 어업질서의 재편과 수산자원의 남획 및 공유수면의 매립, 간척 등에 따른 어장의 축소와 해양 환경오염 심화 등으로 어업 생산성과 채산성이 차츰 낮아지고 있어 연안 수산자원의 감소 현상을 극복할 수 있는 수산물 생산기반의 구축을 위해 연안에 수산생물의 인공적 산란, 서식장을 제공하고 우량 수산 종묘를 방류하여 어획에 이르기까지 인위적인 통제, 관리를 통해 해양환경을 보호하면서 수산물 생산을 지속적, 안정적으로 확보, 공급할 수 있도록 함에 있다.

2001년에 후보지 조사를 거쳐 선정된 여수 앞 바다 금오열도를 중심으로 한 전남 다도해형 바다목장사업은 2002년부터 본격적인 연구 사업을 시작하여 우리나라에서는 두 번째 시범 바다목장 사업으로 2008년까지의 장기 사업 추진을 위한 연구사업이다. 여기에는 어장조성, 자원조성 및 이용·관리의 세 분야로 나누어 추진하고 있다.

본 연구는 1단계 2차년도 사업으로 연구기간은 2003년 6월부터 2004년 6월까지이며 연구 내용은 아래와 같다. 연구는 어장조성기술개발, 자원조성기술개발, 이용·관리연구로 나누고 추진되었다.

우선 어장 조성기술개발에서는 대상해역 내 표층, 저층에서의 수온, 염분, pH, DO, SS, COD, T-N, T-P, 중금속을 조사하는 일반 수질조사와 퇴적물의 강열감량, COD, 산화발성황화물, Cd, Cu, Pb, Zn의 중금속 거동을 조사하는 저서환경조사가 포함되었다. 그리고 생태계 관련조사로 동·식물플랑크톤 종 조성, 우점 종 파악, 현존량측정, 시·공간적 변동 양상 및 특성 파악, Chlorophyll-a 농도의 시·공간적 분포 특성 파악, 난치자어 및 어류상을 조사하는 부유·유영생태계 조사, 저서동물의 군집, 저서동물 군집의 2차 생산력, 어류의 위 내용물 분석을 통한 섭식장 파악을 조사한 저서생태계 조사가 실시되었다.

또한 어장조성을 위해 다중빔 및 단빔 정밀측심기를 이용한 조사 해역의 정밀 해저 수심을 측량, 정밀 2차원, 3차원 해저지형도 작성, 해중립 조성을 위한 해조의 군빔특성, 대상종 선정, 적지 선정 기초조사, 종묘생산 기술연구, 인공어초 연구를 위한 어초 종류별 서식 생물상 조사, 어획실험, 인공어초 모델 개발 그리고 부소파제 연구로 부소파제 개발 현황 조사 및 설계방향 수립, 적정 부소파제의 개념설계 및 기초 실험, 부소파제 설치 및 운영에 대한 타당성을 검토하였다.

자원 조성 기술개발에서는 대상 생물 생태연구를 위해 감성돔의 회유, 성장 파악을 위한 현장 조사와 산란장, 성육장 및 월동장 조사를 하였다. 그리고 방류용 종묘 특성 판별 기술 개발 및 방류용 우량 종묘 생산방법 개발을 통한 방류용 건강 종묘생산 기술을 개발하였고 방류용 종묘의 중간 육성 기술 개발을 위해 종묘 특성을 파악하고 해상가두리에서의 야간점등에 의한 중간육성 실험을 하였다. 또한 감성돔 방류 종묘의 음향 순치 기술 개발을 위해 종묘의 섭이음 연구를 위한 실험용 음향간이급이기를 제작 설계하였다. 자연 해중립 증대 위해 목장해역의 주요 해조류 특성 파악과 대상 해조류의 종묘생산을 병행하였다. 방류 종묘의 발육단계에 따른 구조물에 대한 반응 개시시기와 반응형태, 주 대상 어종의 실내 수조에서의 행동실험 및 자연 생태계에서의 고품 구조물에 대한 행동 특성을 파악함으로써 구조물에 대한 행동연구를 실시하였다. 방류가 이루어진 후 방류어의 행동특성, 방류 후의 이동조사를 또한 방류기술 연구와 함께 통발, 자망 등과 같은 어구에 의한 자원조사, 어탐에 의한 수중 대상종 판별 및 현장조사 그리고 잠수에 의한 자원 조사를 실시해 방류에 의한 자원 조성 정도를 파악하였다.

바다목장 이용, 관리 연구 부분에서는 목장 지역의 어업경영 실태 및 어가수지, 어획 실태, 유어낚시, 관광이용 조사를 통한 바다목장 이용, 관리실태를 조사하였다. 또한 전남 바다목장의 시설 및 연구계획 수립과 바다목장 모델의 수정, 투자계획 및 재원조달 계획을 통한 전체적인 마스터플랜의 수정 보완을 하였다. 또한 수산자원관리수면의 지정·운용 방안, 수산자원관리수면 이용·관리실태 조사, 어업인 자율관리위원회 운영, 관리운영협의 회 구성 및 운영, 그리고 어업인 교육 및 지도를 실시하여 바다목장 이용관리체제를 구축 하였고 어획물 유통실태 조사를 통한 바다목장산 어획물 유통체계를 구축 중에 있다.

그리고 본 사업 기간 동안 세라믹 어초 등 인공어초, 간이음향급이기, 중간육성부대시설이 전남 다도해형 바다목장 해역 내에 투하되었으며, 불락, 돌돔, 감성돔 등 70만 마리의 우량 종묘가 목장 해역 내에 방류되었다.

제 2 장 생태계 특성

제 1 절 해양환경

1. 서론

연안해역의 지속적 이용과 해양생물의 종 다양성 확보 및 어업인의 소득증대와 풍요로운 어촌건설을 위해서는 연안어장 환경의 체계적인 조사 및 관리를 통한 효율적인 이용이 필요한 실정이다. 본 연구에서는 다도해형 바다목장 조성사업에 필요한 대상 해역의 해양환경의 시·공간적 변동특성을 파악하고, 수질환경과 퇴적물 환경을 정량적으로 파악하기 위해서 바다목장 조성사업 대상해역을 중심으로 일련의 조사를 실시하여 비교 분석하였다. 본 연구는 해저지형자료가 갖는 이와 같은 중요성을 인식하고 바다목장화 조성 에 유용하게 활용될 수 있도록 전남 다도해형 바다목장화 예정해역 해저지형자료를 체계적으로 구축하고 맵핑하는 데 목표를 두고 있다. 이를 위해서 본 연구에서는 전남 다도해형 바다목장화해역(권역1안) 내 육상수치지도를 분석하고 디지털화 하였으며 해저지형과 결합하여 3차원적 지형분포도를 작성할 것이다. 또한 해저면 상태 및 저질 특성 분석을 위하여 해저면영상조사와 퇴적물채취도 실시하였다.

해양의 저질 퇴적물은 수계내에서 입자들의 이동결과 뿐만 아니라 생물학적 요인에 의한 생산력변화 등과 같은 여러 현상들이 종합적으로 나타난 결과라고 할 수 있다. 그러므로 저질 퇴적물의 특성은 궁극적으로 퇴적물 형성과 결부된 퇴적환경을 지시하고 있으며, 퇴적환경을 둘러싼 여러 환경요인은 다시 어류를 포함한 모든 생물의 성장에 중요한 영향을 미친다.

따라서 동식물의 안식처로서 저질환경 변화를 초래하는 여러 요인들의 변화를 밝히고 그 원인분석을 하는 것은 바다목장화 지역의 퇴적환경을 규명하는 관점에서 대단히 중요한 연구라 할 수 있다. 일반적으로 저질환경은 지화학적, 생물학적, 물리학적 세 요인과 밀접하게 관계되지만, 지질학적, 퇴적학적 관점에서 어류의 서식과 밀접히 관계되는 것은 퇴적물의 조성이라 할 수 있다.

상기와 같은 점을 고려하여 본 연구과제는 바다 목장화 사업의 1차년도 연구로 동 지역의 일반적인 해양 지질학적 저질 특성과 이를 지배하는 여러 퇴적학적, 지화학적 인자를 조사하여 저질의 퇴적학적, 지화학적 환경을 고찰하고자 한다.

2. 결과

가. 수질환경

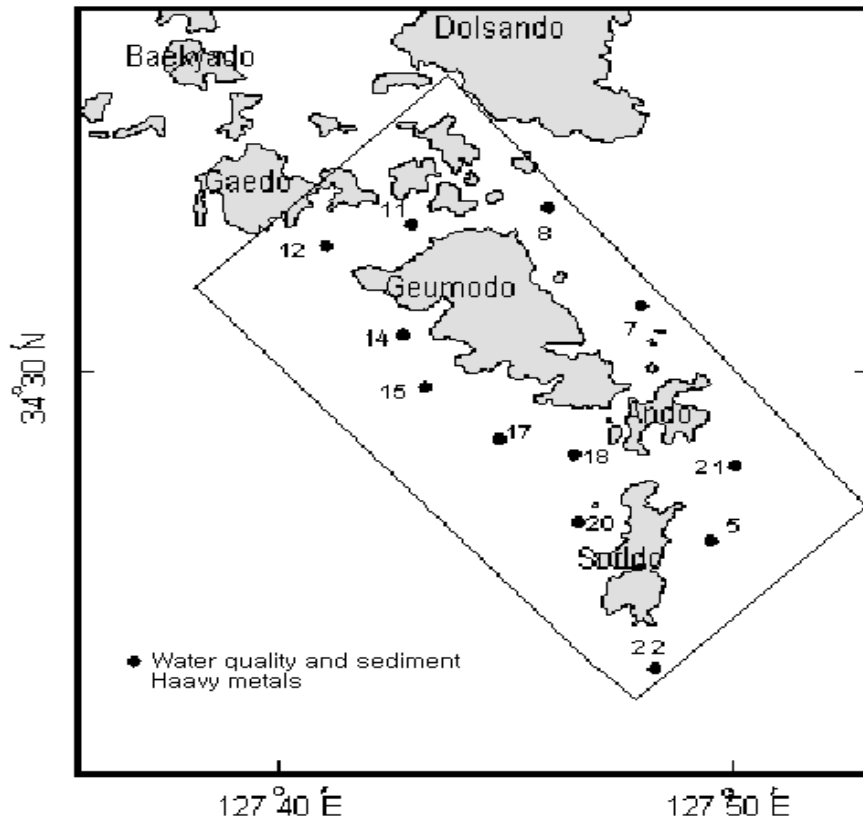


그림 2-1. 조사해역 개황도 및 조사 정점 위치도.

표 2-1. 금오도 주변해역에서의 해수 수질농도 변화

Parameters	Temp(°C)	Sal		pH		DO (mg/L)		SS (mg/L)		COD (mg/L)		TN (mg/L)		TP (mg/L)			
		S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S	B		
Aug. 2002	Min.	24.51	23.51	28.17	28.19	7.66	7.78	6.15	5.53	5.40	4.60	0.86	1.03	0.168	0.157	0.020	0.025
	Max.	26.52	26.17	30.80	31.02	8.23	8.19	7.72	7.48	12.91	20.00	2.95	2.70	0.208	0.239	0.069	0.061
	Avg.	25.57	25.06	29.88	30.08	8.11	8.08	7.05	6.81	8.63	8.58	1.76	1.73	0.186	0.185	0.047	0.045
Aug. 2003	Min.	23.25	18.53	30.55	31.12	8.13	8.14	7.10	6.68	1.60	1.40	1.30	1.20	0.139	0.118	0.003	0.003
	Max.	25.50	23.16	31.03	32.78	8.24	8.23	7.70	7.93	11.80	10.60	3.10	2.86	0.270	0.270	0.017	0.018
	Avg.	24.51	21.96	30.83	31.70	8.18	8.17	7.42	7.24	3.10	4.35	1.77	1.68	0.207	0.186	0.011	0.010
Nov. 2003	Min.	16.44	15.81	32.14	32.53	7.96	7.98	7.63	7.11	2.80	2.20	0.94	0.82	0.164	0.153	0.020	0.018
	Max.	17.13	16.97	32.53	34.15	8.04	8.04	8.65	8.56	8.80	8.60	1.68	1.36	0.266	0.262	0.031	0.033
	Avg.	16.71	16.20	32.42	33.29	7.99	8.01	8.29	7.91	5.03	5.22	1.27	1.04	0.216	0.194	0.024	0.024
Jan. 2004	Min.	10.03	10.04	33.20	33.22	7.96	7.93	8.82	8.92	1.60	1.40	0.73	0.87	0.212	0.219	0.027	0.026
	Max.	11.17	10.60	33.39	33.33	8.08	8.03	9.45	9.64	11.80	10.60	1.83	1.29	0.344	0.270	0.036	0.037
	Avg.	10.46	10.32	33.28	33.27	7.99	7.98	9.29	9.29	3.10	4.35	1.19	1.08	0.252	0.243	0.031	0.032
Apr. 2004	Min.	10.89	10.80	33.49	33.69	7.86	7.88	8.28	8.62	3.00	3.00	0.73	0.69	0.201	0.193	0.015	0.013
	Max.	12.37	13.16	34.35	34.55	7.93	7.95	9.75	9.65	9.20	9.80	2.00	1.56	0.340	0.301	0.026	0.033
	Avg.	11.35	11.80	33.87	34.06	7.89	7.91	9.04	9.09	6.28	7.22	1.17	1.06	0.273	0.245	0.019	0.020

표 2-2. 금오도 주변해역의 계절별 해수 중금속 농도 변화

Parameters	Month	Cd (ppb)		Cu (ppb)		Pb (ppb)		Zn (ppb)	
		S	B	S	B	S	B	S	B
Aug. 2002	Min.	0.02	-	2.33	-	0.12	-	0.89	-
	Max.	0.06	-	4.41	-	0.40	-	1.20	-
	Avg.	0.03	-	3.65	-	0.24	-	1.20	-
Aug. 2003	Min.	0.04	0.05	0.68	0.79	0.06	0.09	1.81	1.81
	Max.	0.12	0.15	4.89	7.58	0.31	0.92	11.50	10.06
	Avg.	0.09	0.09	1.74	4.01	0.16	0.27	5.13	5.72
Nov. 2003	Min.	0.06	0.04	0.81	2.85	0.05	0.20	1.19	3.31
	Max.	0.12	0.14	2.20	9.00	0.62	0.86	10.82	17.38
	Avg.	0.09	0.09	1.19	6.08	0.29	0.43	3.69	10.38

나. 퇴적물 환경

표 2-3. 금오도 주변해역에서의 퇴적물 농도 변화

Parameters	TIL	COD	AVS	
Month	(%)	(mg/g)	(mg/g)	
Aug. 2002	Min.	3.30	6.57	0.00
	Max.	6.68	14.51	0.06
	Avg.	5.27	10.23	0.01
Aug. 2003	Min.	3.95	5.09	0.02
	Max.	7.73	15.86	0.30
	Avg.	5.52	10.35	0.11
Jan. 2004	Min.	3.68	4.21	0.01
	Max.	6.45	18.64	0.19
	Avg.	5.12	13.11	0.07

표 2-4. 표층 퇴적물의 TIL, COD, AVS의 농도분포

St.	August(2003)			January(2004)		
	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)	TIL (%)	COD (mg/g)	AVS (mg/g)
5	7.73	15.86	0.06	5.70	15.42	0.03
7	6.58	9.00	0.16	6.01	17.69	0.19
8	5.98	14.98	0.30	5.86	15.37	0.13
11	4.84	7.37	0.03	4.81	5.96	0.02
12	5.48	14.81	0.18	4.41	15.25	0.08
14	3.95	9.03	0.07	4.06	10.07	0.06
15	4.37	7.51	0.02	3.68	8.24	0.02
17	5.68	10.82	0.22	6.45	18.64	0.04
18	4.73	5.09	0.02	4.24	4.21	0.01
20	5.58	9.67	0.02	5.29	15.08	0.05
21	5.81	9.68	0.10	5.78	18.31	0.02

다. 해저지형 및 해저면 특성

본 연구에서는 전남 다도해형 바다목장화지역 전체에 대한 개략적인 해저지형을 파악하기 위하여 기존 해양자료(해도 및 기존 등수심도) 및 육지수치지형자료들을 수치화하고 통합처리하였으며, 도면화하였다.

금오도-소부도 사이해역, 구몽암 해역 및 소리도 남부 월동장 해역에 대해서는 현장조사에 의한 정밀 해저자료를 획득하고 해저지형과 해저면 상태를 보다 상세하게 분석하였다. 해저지형자료는 인근 육지수치지형자료와 통합하고 2차원 및 3차원 지형도로 표현하였다. 본 연구는 해저의 지형학적 특성 및 육지와 연계성과 해안선 특징 분석과 관련된 다. 이와 같은 해저지형 및 해안선 특징 등은 궁극적으로 해수유동, 오염확산경로, 해저면 저질, 생태환경, 활동어종과약 등 다양한 해저환경 및 자원분포와 관련되어 있으며 어초, 해중립 등 바다목장시설의 설치 및 안정도와 어초어장의 생산성 등에 연계되어 있다. 일례를 들면 어초의 시설규모가 동일하다할 지라도 수심, 어초시설 높이, 어초간 거리 등에 따라 어초어장의 생산성이 달라진다(해양수산부, 2002). 어초에서 어군의 체류시간은 계절에 따라 변하므로 정확한 해저지형을 파악하고 천해에서 심해로 어초를 배치한다면 어기를 연장할 수 있게 된다. 그러므로 최적 바다목장조성지역의 선정시 고려되는 다양한 환경요인 중 하나인 해저지형특성의 적절한 활용을 제안한다.

라. 해저퇴적물의 퇴적 환경과 지화학적 특성

이 연구에서 수행된 다도해형 바다목장화 연구지역에 대한 퇴적학적, 지화학적 연구결과는 다음과 같다. 입도분석결과 연구지역 퇴적상은 mud를 주로 하는 퇴적상과 sand 및 gravel이 포함된 지층환경을 보이는 지역으로 뚜렷한 대상분포를 보이고 있다. 공간적으로 연구지역 북동쪽으로는 세립질 퇴적물이 분포하고 있으며 남서쪽으로는 gravel이 포함된 조립질 퇴적물 혹은 퇴적물이 거의 존재하지 않은 rocky bottom으로 이루어져 있다. 퇴적물중 유기물 함량은 니질 퇴적물에서 수 % 이내로 함유되어 있으며 유기물의 C/N 비에 근거해 볼 때 소리도로부터 다소의 유기물이 유입되었음을 지시하고 있다. 또한 탄산염 함량은 유기물이 높게 나타나는 소리도 우측에서 20~30%가량 포함된 것으로 나타났으며 그 외 지역은 수 %로 비교적 낮게 나타났다. 퇴적물중 황화수소 함량은 최소 1~161ppm사이에 나타나고 있으며, 오염의 기준을 나타내는 200ppm이하를 보이고 있어, 현재상태로는 오염된 것으로 판단하기는 어렵다. 추후 퇴적물중 중금속 농도 등을 측정하여 장기적으로 지화학적 인자들의 거동을 모니터링 할 필요가 있다. 니질 퇴적상에서 얻어진 2개의 주상시료 퇴적물에서는 비교적 균질한 니질 퇴적물이 연속적으로 퇴적되었음을 지시하고 있으며, 간헐적으로 육지기원 유기물이 유입된 것으로 나타났고, 1% 이내의 유기물함량과 수 %이내의 탄산염 함량을 보이고 있다. 추후 ^{210}Pb 방법에 의해 퇴적률을 측정하여 퇴적속도 등을 측정할 필요가 있다.

제 2 절 생태계 특성

1. 서론

전남 다도해 바다목장 해역은 여수시 화정면과 남면일원인 가막만 남부해역에서 금오도와 연도를 포함하는 약 180km²의 해역으로 남해 중앙부에 위치하여, 남해연안해역 중에서도 계절에 따라 대마난류, 중국대륙 연안수, 한국 연안수 등 다양한 수괴의 영향을 받는 곳으로 매우 복잡한 해양환경 특성을 나타낸다(김과 노, 1994; 김 등, 1998). 또한 이와 같은 해양환경 특성은 해역 생태구조에도 영향을 주어 계절에 따라 특성을 달리하는 생태구조를 나타낸다. 특히 표영 생태계는 이들 수괴특성에 가장 민감하게 반응하게 된다. 다도해 바다목장 해역의 표영 생태계 조사는 식물플랑크톤 군집조사, 식물플랑크톤 생물량(Chlorophyll *a*)에 의한 기초생산 잠재능력 조사, 미소 동물플랑크톤(섬모충) 군집조사 및 대형 동물플랑크톤 군집조사 등 크게 4개의 세부테마로 구성되어 있다.

어류와 저서동물 군집 간 상호 작용의 파악은 최적의 목장화 사업 수행과 관리에 필수적인 정보라 할 수 있겠다. 상호 작용의 파악의 큰 축은 어류의 섭식 생태에 대한 이해이며, 이는 주로 위 내용물에 대한 연구를 중심으로 하고 있다. 국외의 경우 다양한 어류와 무척추 동물을 대상으로 이들의 섭이 습성과 섭이장에 대한 결과(Darracott, 1977; Bowman *et al.*, 2000; Oh, 2001)가 제시되고 있다. 어류상에 관한 연구는 바다목장 대상해역인 금오도 연안에 출현하는 어류의 부유성난 및 자치어 분포 특징 및 종조성 조사, 자원생물학적 연구와 바다목장화 기초연구의 일환으로 표준넷트로 채집되는 어류의 종조성과 지역별 어류의 군집구조를 분석하였으며, 어시장 조사를 병행하였다.

본 연구에서는 전남 다도해형 바다목장 조성사업을 위한 기반조성 연구의 일환으로 대상해역의 생태계 특성을 파악하기 위하여 기초생산력 조사와 식물플랑크톤 및 동물플랑크톤 군집 등 부유생태계 조사, 적조생물에 대한 조사, 저서동물 군집 및 어란·자치어를 포함한 어류상과 계절별 Visiting species와 위 내용물 조사, 그리고 대상해역의 암반에 서식하는 해조류 군집에 대한 조사를 실시하였다.

2. 결과

가. 식물플랑크톤 군집

(1) 종조성

2003년 8월 하계 조사결과 식물플랑크톤은 총 72종류가 출현하였으며 규조류 59종, 와편모조류 24종, 기타 편모조류가 4종류로 구성되어 있었다. 표층은 총 70종류, 수심 10m의 저층에서는 총 72종류로 표층과 저층의 출현종수는 큰 차이를 보이지 않았다. 2003년 11월 추계결과 식물플랑크톤은 총 118종류가 출현하였으며 규조류 87종, 와편모조류 28

중, 기타 편모조류가 3종류로 구성되었다. 표층은 총 109종류, 수심 10m의 저층에서는 총 105종류가 관찰되었으며 정점별 출현종수 표층에서는 39-56종류가 저층에서는 36-60종류가 출현하여 표층과 저층의 출현종수는 유사하였다. 2004년 1월 동계의 경우 식물플랑크톤은 67종류가 출현하였으며 규조류 57종, 와편모조류 7종, 기타 편모조류가 3종류로 구성되어 있었다. 표층은 총 61종류, 수심 10m의 저층에서는 총 55종류가 관찰되어 표층과 저층의 출현종수는 유사하였다.

(2) 현존량

하계 식물플랑크톤의 현존량은 $3 \times 10^4 \sim 1.6 \times 10^5$ cells/L의 범위로 분포하였으며 종조성의 결과와 같이 현존량도 대부분의 정점에서 표층과 10m 수층의 차이는 뚜렷하지 않았다. 식물플랑크톤 현존량의 대부분은 규조류의 현존량에 의한 결과로 와편모조류는 대부분의 정점에서 10^3 cells/L 수준의 낮은 현존량으로 분포하였다. 추계 식물플랑크톤의 현존량은 $8 \times 10^4 \sim 3 \times 10^5$ cells/L의 범위로 분포하였으며 대부분의 정점에서 10m 층이 표층보다 높은 현존량을 보였다. 식물플랑크톤 현존량의 대부분은 규조류의 현존량에 의한 결과로 10^3 cells/L 수준의 낮은 현존량으로 분포하였다. 동계 식물플랑크톤의 현존량은 $2 \times 10^4 \sim 1.5 \times 10^5$ cells/L의 범위로 분포하였으며 표층과 10m 층의 현존량은 유사한 패턴의 정점별 변화를 보였다. 식물플랑크톤 현존량의 대부분은 규조류의 현존량에 의한 결과로 편모조류는 10^3 cells/L 수준의 낮은 현존량으로 분포하고 있었다.

(3) 우점종

하계를 대표하는 우점종은 *Chaetoceros*속이 다양하게, *Chaetoceros debilis*, *Chaetoceros curvisetus*, *Chaetoceros pseudocurvisetus*, *Chaetoceros compressus* 그리고 유해성 와편모조류인 *Cochlodinium* sp.가 출현하였다. 종조성과 현존량의 결과와 같이 표층과 저층의 우점종은 분포도 수심별 차이를 보이지 않았다. 2003년 11월 추계를 대표하는 우점종은 *Asterionellopsis glacialis*, *Thalassiosira subtilis*, *Pseudonitzschia pungens*, *Skeletonema costatum*가 출현하였다. 종조성과 현존량의 결과와 같이 표층과 10m층의 우점종 분포도 수심별 차이는 뚜렷하지 않았다. 각 우점종이 차지하는 우점율은 타시기에 비해 낮아 우점종의 편중 분포는 약화되어 있었다. 2004년 1월 동계를 대표하는 우점종은 *Skeletonema costatum*, *Paralia sulcata*, *Thalassiosira subtilis*, *Thalassionema nitzschoides*가 출현하였다. 조사수역의 우점종 분포는 수평적 차이를 보인다고 할 수 있다.

(4) 종다양성

2003년 8월 하계 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 1.5~2.8, 저층에서 1.8~2.8의 범위로 표층과 저층의 정점별 변화는 유사하였다. 다양성지수는 2.0~3.0의 범위가 대부분

으로 식물플랑크톤 군집은 약단순의 수준으로 분포하고 있었다. 2003년 11월 추계의 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 1.5~2.8, 저층에서 1.8~2.8의 범위로 표층과 저층의 정점별 변화는 유사하였다. 다양성지수는 2.0-3.0의 범위가 대부분으로 식물플랑크톤 군집은 약단순의 수준으로 분포하고 있었다. 2004년 1월 동계의 식물플랑크톤의 다양성지수는 표층에서 1.5~2.8, 저층에서 1.8~2.8의 범위로 표층과 저층의 정점별 변화는 유사하였다. 다양성지수는 2.0~3.0의 범위가 대부분으로 식물플랑크톤 군집은 약단순의 수준으로 분포하고 있었다.

(5) 계절변화

2003년도 전체 조사시기를 통해 식물플랑크톤은 총 출현종수는 145종류가 출현하였으며 규조류가 104종, 와편모조류가 36종, 기타 편모조류가 5종으로 구성되어 있었다. 하계, 추계와 동계의 세 시기 모두 식물플랑크톤의 총 출현종수는 표층과 10m 수층에서 차이를 보이지 않아 조사수역은 수괴의 혼합이 용이한 수역으로 판단된다. 11월 추계의 경우 100종 이상의 출현종수로 하계와 동계보다 다양한 종구성이 관찰되었다. 평균 다양성 지수의 시기별 변화도 출현종수의 결과를 반영하여 추계 11월에 약 3.0으로 증가하여 식물플랑크톤 군집은 다양한 수준이었으나 하계와 동계는 2.0-2.5의 값으로 약단순의 수준을 보였다.

식물플랑크톤 평균 현존량도 표층과 수심 10m의 차이는 보이지 않았으며 11월 추계에 하계와 동계에 비해 3배 정도 증가하여 출현종수의 결과와 유사하였다. 저수온기인 동계에도 조사수역은 평균 5×10^4 cells/L의 현존량으로 하계와 유사한 수준으로 분포하였다.

우점종의 경우 2003년 8월 하계에는 규조류 *Chaetoceros*속의 다양한 종류와 와편모조류 *Cochlodinium*이 함께 우점하여 다양한 우점종이 분포하였다. 2003년 11월 추계에는 저수온기에 우점하는 *Asterionellopsis glacialis*와 *Skeletonema costatum*, *Thalassiosira subtilis*, *Pseudonitzschia pungens*가 함께 우점하여 하계의 우점종과는 차이를 보였으며 2004년 1월 동계에는 추계에 이어 *Skeletonema costatum*과 *Thalassiosira subtilis*는 지속적인 우점을 보였으며 특히 *Skeletonema costatum*은 50% 이상의 높은 우점율로 저서성 규조류 *Paralia sulcata*와 함께 분포의 발달을 보여 타 시기보다 수괴의 원활한 혼합을 암시하고 있었다.

(6) 연변화

식물플랑크톤 출현종수의 경우 2002년도에는 137종이 기록되었으며 규조류가 104종, 와편모조류가 33종으로 구성되어 있었으며 2003년도에는 총 145종이 관찰되었고 이 중 규조류가 104종, 와편모조류가 36종, 기타 편모조류 5종으로 구성되어 있었다. 따라서, 식물플랑크톤 출현종수는 2002년과 2003년도에 유사하였으며 각 분류군의 출현종수의 조성도 큰 차이를 보이지 않았다. 하계와 동계는 두 년도가 뚜렷한 차이를 보이지 않았으나

추계의 경우 2002년에 비해 2003년에 40여종 증가하여 다양한 종구성을 보였다. 따라서 다양성지수도 2002년에는 1.0에서 2.0사이로 식물플랑크톤 군집은 단순한 수준이었으나 2003년도에는 지수값이 2.0~3.0으로 다양성이 증가하였다. 식물플랑크톤 현존량의 경우 2002년 하계는 10^6 cells/L이상의 대발생 수준으로 높은 현존량을 보였으나 2003년 하계의 경우 5×10^6 cells/L로 2002년과는 큰 차이를 보였다. 하계와 같이 동계의 경우도 2003년 1월이 2004년 1월보다 약 5배 정도 높은 현존량을 기록하였다. 추계의 경우는 2002년보다 2003년에 약 5배 정도 증가하여 연변화는 계절별 다른 양상을 보였다.

우점종의 연변화의 경우 하계 8월에는 2002년과 2003년 하계에 유해성 적조 원인생물인 와편모조류 *Gymnodinium*과 *Cochloclinium*의 우점적 분포는 유사하였으나 *Skeletonema costatum*의 50% 이상의 극우점이 관찰된 2002년과 달리 2003년 하계에는 다양한 *Chaetoceros* 종류의 우점으로 차이를 보였다. 추계의 경우 2002년에는 저수온기에 주로 출현하는 *Chaetoceros tortissimus*가 50% 이상의 극우점을 보였으나 2003년도에는 관찰되지 않아 큰 차이를 보였다. 동계의 경우 2003년에는 *Eucampia zodiacus*가 극우점을 보였으나 2004년에는 *Skeletonema costatum*과 *Paralia sulcata*가 극우점으로 제 1 우점종의 연변화를 보였다. 따라서 조사수역은 계절적 우점종의 천이는 뚜렷하나 연도별 우점종의 구성이 다르게 출현하였다.

나. Chlorophyll a

(1) 계절변화

다도해 바다목장 해역에서 측정된 Chl-*a* 농도는 표층의 경우, Chl-*a*는 $0.66\text{mg}/\text{m}^3$ 에서 $5.19\text{mg}/\text{m}^3$ 로 변화하여 2002년에 비해서는 변동 폭이 매우 안정되게 나타났다. 계절적으로는 봄이 $1.08\text{mg}/\text{m}^3$ 에서 $3.34\text{mg}/\text{m}^3$ 범위에서 $1.89 \pm 0.59\text{mg}/\text{m}^3$ 의 변동을, 여름이 $2.04\text{mg}/\text{m}^3$ 에서 $4.30\text{mg}/\text{m}^3$ 범위에서 $3.12 \pm 0.69\text{mg}/\text{m}^3$ 의 변동을, 가을은 $3.05\text{mg}/\text{m}^3$ 에서 $5.19\text{mg}/\text{m}^3$ 범위에서 $4.00 \pm 0.60\text{mg}/\text{m}^3$ 의 변동, 그리고 겨울은 $0.66\text{mg}/\text{m}^3$ 에서 $3.49\text{mg}/\text{m}^3$ 범위에서 $1.82 \pm 0.88\text{mg}/\text{m}^3$ 의 변동 양상을 나타내어, 가을이 가장 높은 농도를 보이거나 변동 폭은 겨울이 가장 크게 나타났다. 이는 2002년 조사 시 여름과 가을에 높은 생물량에 정점 간에 큰 차이를 보였던 것과는 다른 내용이나 바다목장 해역은 늦여름에서 이른 가을에 발생하는 와편모조류 적조생물량에 의해 극단적인 Chl-*a* 농도를 보이기 때문이라 판단되었다. 수층별로는 여름과 가을은 수심에 따른 Chl-*a* 농도가 크게 변화하지 않으나, 겨울과 봄은 수심이 증가에 따라 Chl-*a* 농도도 증가하는 경향을 보이는데 이는 남해 천해의 연안 및 내만의 전형적으로 보여 지는 특성(윤, 2001)으로 볼 수 있다. 다만, 저층으로 갈수록 생물량이 높아지는 현상은 수심이 낮은 내만 해역에서 흔히 관찰될 수 있는 현상이나(Wafar *et al.*, 1983), 바다 목장 해역에서의 현상이 실제 생물량에 의한 결과인지 현탁물에 의해 발생할 수 있는 기계적인 오차인지에 대해서는 더욱 검토를 해야 할 내용(윤 등, 2001)이나, 2003년 조

사에서는 측정기계의 특성에 의해 해저표층퇴적층에서 재 부유 되는 부유물질의 영향에서 오는 결과로 판단하였다.

(2) 공간변화

다도해 바다목장 해역에서 측정된 Chl-a 농도의 공간적인 분포 경향은 여름의 경우, 표층은 금오도 좌, 우의 바다목장 중앙부 해역에서 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 내외의 농도로 높고, 금오도 남단에서 안도, 연도 인근해역 및 금오도 북서단의 금오수도 인근해역에서 $3.0\text{mg}/\text{m}^3$ 내외로 낮은 농도를 나타내었다. 5m 이심의 수층에서도 절대적 농도의 차이는 다소 차이가 있지만, 전체적인 분포 경향은 표층과 유사하였다.

가을은, 표층의 경우 금오도를 포함하는 바다목장 북서 해역에서 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이하로 상대적으로 낮은 농도를 나타내었으며, 소리도 인근해역인 남동해역과 보돌 바다에서 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 비교적 높은 농도를 나타내었다. 5m 수층은 표층과 유사한 경향을 보였으나, 10m 수층에서는 금오도를 중심으로 동. 서로 구획하는 경향을 보여, 금오도 동측 여수해만 해역에서 $3.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이하로 낮고 보돌 바다 및 소리도 서측에서 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상으로 높은 생물량을 나타내었다. 20m 수층은 금오도 북단의 금오수도에서 $4.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이상으로 높고, 소리도 남단에서 $3.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이하의 비교적 낮은 식물플랑크톤 생물량을 나타내었다.

겨울은 연직혼합이 활발하여 층별 차이 없이 비교적 균일한 분포 특성을 보이지만 저층으로 갈수록 식물플랑크톤 생물량은 다소 높아지는 경향을 나타내었다. 특히 겨울은 공간적으로도 수층에 관계없이 가막만 내만해역에 가까운 금오수도 인근해역에서 비교적 높은 Chl-a 농도를 보이는 반면, 외해역에 접하고 있는 소리도 인근해역에서 상대적으로 낮은 Chl-a 농도를 나타내었다. 즉 표층과 5m 수층에서는 금오수도 인근에서 $3.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 생물량을 나타내는 반면, 소리도 남방해역에서는 $1.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이하의 낮은 생물량을 보였다. 10m와 20m 수층에서는 금오도 인근에서 표층보다도 높은 $4.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 생물량을 보이는 반면, 소리도 인근해역은 표층과 유사한 경향을 나타내었다.

봄은 기타 계절과는 달리 전반적으로 금오도 북쪽과 북동해역인 광양만 해수영향을 비교적 강하게 받는 해역에서 높고, 금오도 남단과 보돌 바다 일원에서 상대적으로 낮은 생물량을 나타내었다. 즉, 표층과 5m 수층에서는 금오수도와 돌산 남단에서 $3.0\text{mg}/\text{m}^3$ 이상의 상대적으로 높은 생물량을 보이는 반면, 금오도 남단인 안도, 소리도 인근해역에서 $1.5\text{mg}/\text{m}^3$ 이하의 낮은 생물량을 나타내었다. 10m와 20m 수층에서도 생물량의 절대값은 다소 차이가 있으나, 분포경향은 표층과 유사하였으며 단지 광양만 영향의 해수로 보여지는 수형의 금오도 북서단의 보돌 바다까지 확장되는 경향을 나타내었다.

다. 섬모충플랑크톤 군집

(1) 종조성

2003년 8월 하계 전남바다목장 해역의 섬모충 플랑크톤은 총 29종류가 출현하였으며 유충섬모충류(tintinnids) 19종과 소모류(oligotrichs) 9종 이외에 기타 1종류로 구성되어 있었다. 추계 섬모충플랑크톤은 총 30종류가 출현하여 하계와 유사하였으며 유충섬모충류 17종과 소모류 12종 이외에 기타 1종류로 구성되어 있었다. 동계 섬모충플랑크톤은 총 15종류가 출현하여 추계에 비해 크게 감소하였으며 유충섬모충류 7종과 소모류 7종 이외에 기타 1종류로 구성되어 있었다. 표층에서는 총 6종류, 10m 층에서는 12종류로 10m 수층에서 보다 다양한 종구성을 보였다.

(2) 개체수

하계 섬모충플랑크톤의 개체수는 5,000cells/l이하로 분포하였고, 추계 섬모충플랑크톤의 개체수는 4,000cells/l이하로 분포하였으며, 동계는 섬모충플랑크톤의 개체수가 1,000cells/l이하로 매우 낮은 생물량으로 분포하였다.

(3) 우점종

섬모충플랑크톤 낮은 개체수로 우점종으로 정확한 언급은 어려우나 2003년 하계에는 연안역을 대표하는 *Tintinnopsis beroidea*와 *Lohmaniella oviformis*가 관찰되었으며 추계에는 1,000-5,000cells/L의 범위로 저수온기에 주로 출현하는 *Strombidium conicum*과 *Stenosemella nivalis*가 우점하였으며 동계에는 *Strombidium conicum*이 추계에 이어 지속적인 분포를 보이나 개체수는 1,000 cells/L 이하로 감소하였다.

(4) 계절 및 연변화

섬모충플랑크톤의 출현종수는 2002년도 전체시기에 37종이 관찰되었으며 유충섬모충류가 25종, 소모류가 11종, 기타 1종으로 구성되어 있었고, 2003년도에는 전체시기에 35종이 관찰되었으며 유충섬모충류가 21종, 소모류가 13종, 기타 1종으로 구성되어 있었다. 두 해의 전체 출현종수와 분류군의 조성도 유사하였다. 2003년 하계와 추계는 동계보다 다양하게 약 30여종이 출현하였으며 유충섬모충류의 종조성이 소모류보다 다양하였다. 하계와 동계의 출현종수의 연변화는 크지 않았으나 추계의 경우 2002년 보다 2003년에 큰 폭으로 증가하여 식물플랑크톤 출현종수의 결과와 일치하였다.

우점종의 경우 2002년과 2003년 모두 *Tintinnopsis beroidea*와 *Lohmaniella oviformis*의 우점이 동일하게 관찰되었다. *Tintinnopsis beroidea*의 경우 2002년에 5,000cells/L 이상의 높은 개체수로 분포하여 정량적인 차이를 보였다. 추계의 경우 두 해 모두 *Strombidium conicum*이 우점하였으나 2003년에 보다 높은 개체수로 분포하였으며 동계에는 두 해 모

두 낮은 개체수로 우점종의 비교가 어려웠다.

라. 대형동물플랑크톤 군집

(1) 동물플랑크톤 주요분류군의 출현 비율

금오도 바다목장 주변해역에서 출현하는 동물플랑크톤의 주요 분류군을 살펴보면, 야광충, 요각류, 화살벌레류, 각 종 유생류 등으로 조성 비율은 조사정점과 계절에 따라 많은 차이를 보였다. 여름철인 8월의 주요 동물플랑크톤 분류군의 조성 비율은 화살벌레류가 평균 16.7%였으며(정점간 3.3~77.3%), 요각류가 평균 20.8%(정점간 5.8~46.0%), 십각류 유생을 포함한 유생류가 17.7%(정점간 4.2~43.5%) 순으로 우점하였다. 가을철인 11월에 야광충은 1%이하의 극히 낮은 조성율을 보였고 주요 분류군의 조성 비율에서는 요각류와 유생의 비율이 각각 47.9%(정점간 범위 35.6~63.5%)와 18.4%(정점간 범위 8.9~31.2%)로 대폭 증가하는 양상을 보였다. 겨울철인 1월에는 가을철에 출현하던 해파리류가 거의 출현하지 않았으며, 요각류가 전 해역에 걸쳐 44% 이상의 높은 조성 비율을 나타냈다. 또한 유생류의 조성 비율도 평균 21.1%(정점간 범위 8.8~35.5%)로 상대적으로 높아졌다.

(2) 동물플랑크톤의 현존량 및 종조성

동물플랑크톤의 계절에 따른 출현 개체수는 여름철인 8월에는 60indiv./m³(15~101 indiv./m³)로 가장 낮은 출현량을 보인 반면, 가을철인 11월에 평균 453 indiv./m³(34~2295indiv./m³)로 가장 높았다. 겨울철인 1월에는 평균 110indiv./m³(14~288indiv./m³)가 출현하였다.

(3) 집괴분석

2003년 8월, 11월, 그리고 2004년 1월에 전남 금오도 바다목장화 해역의 9~12개 정점에 대한 조사정점간의 동물플랑크톤 군집의 유사성을 비교하기 위하여 동물플랑크톤 및 요각류의 분류군 개체수를 자연 log 변환한 후, Euclidian distance를 구하여 집괴분석을 실시하였다. 집괴분석 결과 나타난 수지도에서는 전 조사기간 중 대략 2개의 정점군으로 나눌 수 있었다.

(4) 수중집어등 설치시 동물플랑크톤 종조성 및 출현량

바다 목장화 해역내의 동물플랑크톤 유집 효과를 파악하기 위해 수중집어등 주위(실험구)와 전등 빛이 전혀 영향을 미치는 곳(대조구)을 설정하여 21:40과 00:40에 실시하였다. 또한, 수중집어등 설치가 필요 없는 시간대인 일몰 전 19:00분과 일출 전 08:00의 동물플랑크톤 출현량과 비교하였다. 수중집어등에 유인되는 동물플랑크톤의 대부분이 부유

성 요각류들로 구성되어 있고, 단각류, 쿠마류 등과 같은 저서생물이 거의 출현하지 않은 점을 감안하면, 비교적 수심이 깊은 바다목장화 해역내에서의 수중집어등 효과는 미미할 것으로 생각된다.

(5) 바다 목장화 해역내의 동물플랑크톤 출현량 연변동

목장화 해역에 출현하는 주요 동물플랑크톤의 출현량은 계절적으로 뚜렷한 연변동을 보였다. 동물플랑크톤 출현량은 여름철을 제외한 가을과 겨울철에는 전년도와 커다란 차이를 보이지 않았다. 다만, 2003년도 여름철에 동물플랑크톤 출현량은 전년도에 비해 50배 이상 낮은 평균 60 indiv./m^3로 낮게 나타났다.

그러나, 이러한 차이는 연간 생물량의 차이라기보다는 2003년도의 여름철 채집이 장기간의 강수가 집중된 뒤 이루어짐으로서 주변의 육수가 해양에 대량으로 유입이 되어 조사해역의 저염화를 초래한 결과로 보인다. 이러한 사실은 금오도 바다 목장화 해역이 여름철에 강수가 집중되면 섬진강과 주변의 육지로부터 유입되는 육수에 의한 저염화에 영향을 받을 수 있음을 시사하고 있다.

마. 저서동물 군집

(1) 동물군별 밀도와 생체량의 공간분포

2003년 8월 조사결과는 12개 정점에서 202종의 저서동물이 총 27,540개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 930~5,180개체/ m^2 의 변동 범위(평균 2,295개체/ m^2)를 나타내었다. 2003년 12월 조사결과는 12개 정점에서 183종의 저서동물이 총 22,760개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 80~5,300개체/ m^2 의 폭넓은 변동 범위 (평균 1,897개체/ m^2)를 나타내었다. 2004년 2월 조사결과는 12개 정점에서 175종의 저서동물이 총 23,070 개체가 채집되었으며, 정점별 밀도는 760~4,050개체/ m^2 의 변동 범위(평균 1,923 개체/ m^2)를 나타내었다.

(2) 우점종

밀도 최고 우점종은 환형동물 다모류(APol)의 *Magelona japonica*로 조사되었다. 본 종은 9개 정점(정점 8, 18, 22를 제외한 정점)에서 2,910개체가 채집되어 10.6%의 비중을 차지하였다. 상위 2위는 역시 환형동물 다모류(APol)의 *Tharyx* spp.로 전 정점에서 총 2,030개체 (7.4%)가 출현하였다. 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 *Amphioplus megapomus*와 *Ophiopholis mirabilis*는 각기 1,720 개체(6.2%) 그리고 1,270 개체(4.6%)로 상위 3위와 4위를 차지하였다. 밀도 기준 우점종 가운데 상위 10위까지의 저서동물에는 환형동물 다모류(APol)가 6종으로 가장 다양하게 출현하였다. 그 외에는 극피동물 거미불가사리류(EOp)와 연체동물 이매패류(MBi)가 각기 2종씩 포함되었으며, 상위 우점종 10종들이 전체 50.8%의 비중을 점유하였다.

(3) 생태학적 제지수

2003년 8월의 정점별 생태학적 제지수 중 다양도 지수(diversity index)는 1.637~3.428의 변동 범위를 나타내었다. 정점 22에서 최저값을, 그리고 정점 8에서 최고값을 기록하였지만 정점 22를 제외한 전 정점이 대체로 높은 값으로 나타났다. 균등도는 0.522~0.838의 변동 범위를 보였다. 정점 22에서 최저값을, 그리고 정점 14에서 최고값을 나타냈다. 출현 종수(Number of species)는 23~84의 비교적 넓은 변동 범위를 보였다. 정점 22에서 최저값을, 그리고 정점 11에서 최고값을 기록하였다. 2003년 8월의 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 2.820, 0.758 그리고 45종인 것으로 나타났다. 2003년 12월의 정점별 생태학적 제지수 중 다양도 지수는 1.906~3.273의 변동 범위를 나타내었다. 정점 7에서 최저값을, 그리고 정점 11에서 최고값을 기록하였지만 정점 7을 제외한 전 정점이 대체로 높은 값을 보였다. 균등도는 0.654~0.980의 변동 범위를 나타냈으며, 정점 21에서 최저값을, 그리고 정점 7에서 최고값을 기록하였다. 출현 종수는 7~73의 넓은 변동 범위를 나타냈다. 정점 7에서 최저값을, 그리고 정점 11에서 최고값을 기록하였다. 2003년 12월의 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 2.700, 0.786 그리고 37종인 것으로 나타났다. 2004년 2월의 정점별 생태학적 제지수 중 다양도 지수는 2.361~3.166의 변동 범위를 나타내었다. 정점 21에서 최저값, 그리고 정점 18에서 최고값이 관찰되었지만, 전 정점이 높은 값을 기록하였다. 균등도는 0.683~0.855의 변동 범위를 보였다. 정점 11에서 최저값을, 그리고 정점 20에서 최고값을 나타냈다. 출현 종수는 21~66의 변동 범위를 보였으며, 정점 21에서 최저값을, 그리고 정점 18에서 최고값을 기록하였다. 2004년 2월의 평균 다양도와 균등도, 출현 종수는 각각 2.873, 0.786 그리고 41종인 것으로 나타났다.

(4) 저서동물의 밀도, 생체량, 종수의 시간적 변동

그림 2-2에 저서동물의 조사 시기별 평균 밀도를 도시하였다. 이 그림은 2002년 9월부터 2004년 2월까지 5회 조사에서 얻어진 저서동물의 정점당 평균 개체수를 나타낸 것이다. 조사 수역의 평균 개체수는 2002년 9월에서 2003년 1월에 다소 큰 폭으로 증가하였으며, 그 이후 평균 개체수는 별다른 변동을 보이지 않았다. 2003년 1월에 관찰된 증가는 다모류(APol), 단각류(CAm) 그리고 이매패류(MBi)의 개체수 증가에 기인하였다. 동물군별로 살펴보면 2003년 1월 이후 다모류(APol)의 개체수는 소폭으로 꾸준한 감소가 관찰되고 있으며, 이매패류(MBi)는 2002년 9월부터 계속적으로 개체수가 증가하고 있다.

그림 2-3에 조사 시기별 평균 생체량을 도시하였으며, 2002년 9월부터 2003년 8월까지의 평균 생체량은 꾸준히 증가하여 2003년 8월에 최고값을 보였으며, 그 후에는 소폭으로 감소하는 것으로 나타났다. 2003년 1월에는 극피동물 성계류(EEc)와 해삼류(EHo)의 생체량이 높게 측정되어 평균 생체량이 2002년 9월의 값과 비교하여 증가하였다. 2003년 8월 조사에서는 극피동물 성계류(EEc)가 새롭게 높은 생체량으로 출현하였고, 극피동물 거미

불가사리류(EOp) 그리고 연체동물 이매패류 (MBi)와 복족류(MGs)의 생체량이 큰 폭으로 증가하여 5회 조사에서 최고값을 기록하였다. 2003년 12월과 2004년 2월에는 연체동물 이매패류(MBi)와 복족류(MGs)의 생체량이 다소 감소하면서 평균 생체량이 감소하는 결과를 보였다.

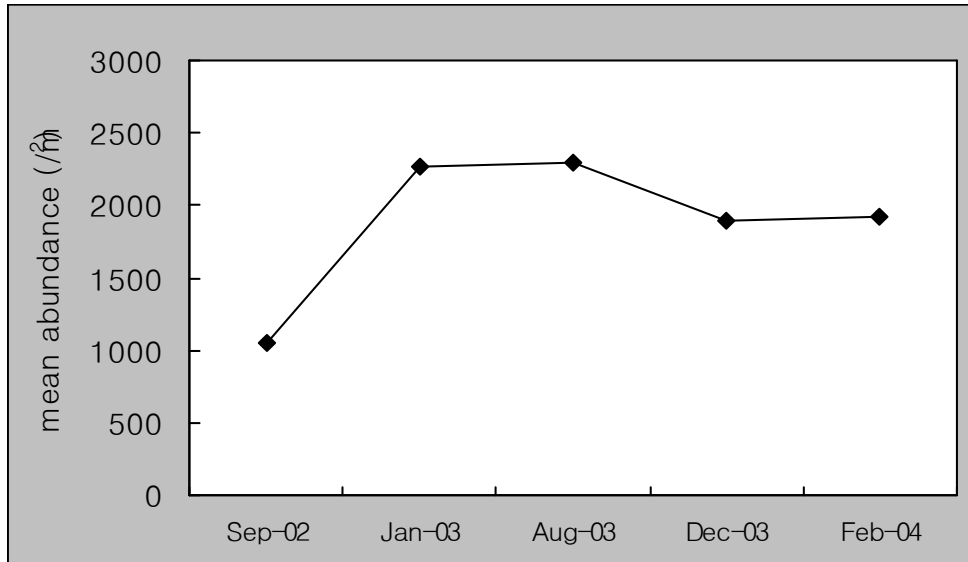


그림 2-2. 시간에 따른 저서동물 평균 개체수(/m²)의 변화.

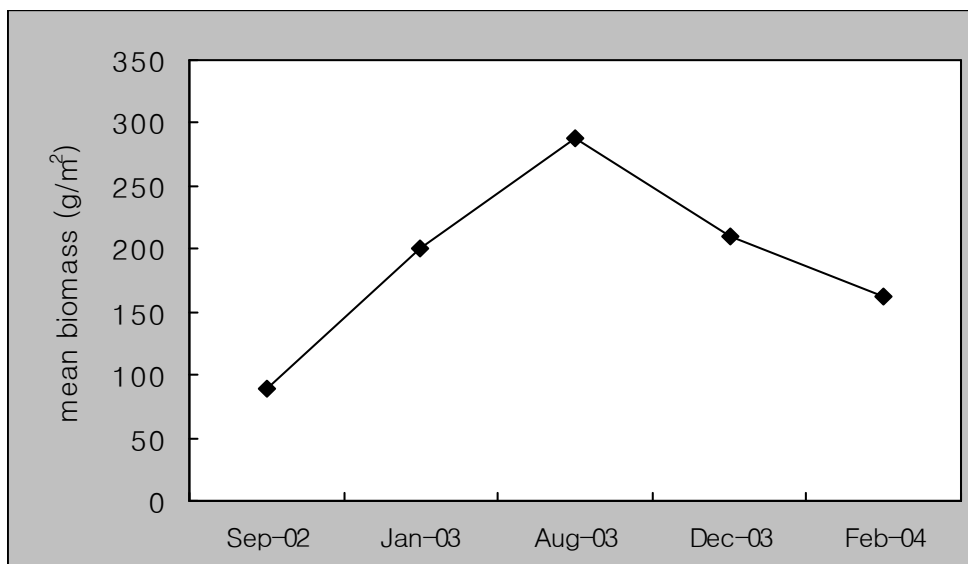


그림 2-3. 시간에 따른 저서동물 평균 생체량(g/m²)의 변화.

그림 2-4에 조사 시기별 평균 종수를 도시하였다. 총 5회 조사에서 2003년 1월에 최고 값인 48종을, 2002년 9월에 최소값인 30종을 기록하였지만, 평균 종수는 큰 차이를 보이지 않았다. 2003년 1월에는 다른 조사시기보다 환형동물 다모류(APol)와 연체동물 복족류

(MGs)의 종수가 다양하게 출현한 결과 최고 종수를 기록하였다. 조사된 저서동물의 동물군별로 살펴보면 큰 변동은 보이지 않았다. 다만 2002년 9월에서 2003년 1월 이후 극피동물의 종수가 증가하였고, 그 종수가 유지되고 있다. 그리고 환형동물 다모류(APol)는 2003년 1월에 가장 높은 종수를 보였다.

그림 2-5에 조사 시기별 평균 다양도 지수를 도시하였다. 총 5회 조사에서 2003년 1월에 최고값인 3.067을, 2002년 9월에 최소값인 2.662를 기록하였지만, 큰 차이를 보이지 않았으며, 각각의 평균 다양도 지수값은 높은 값에 포함된다고 할 수 있다.

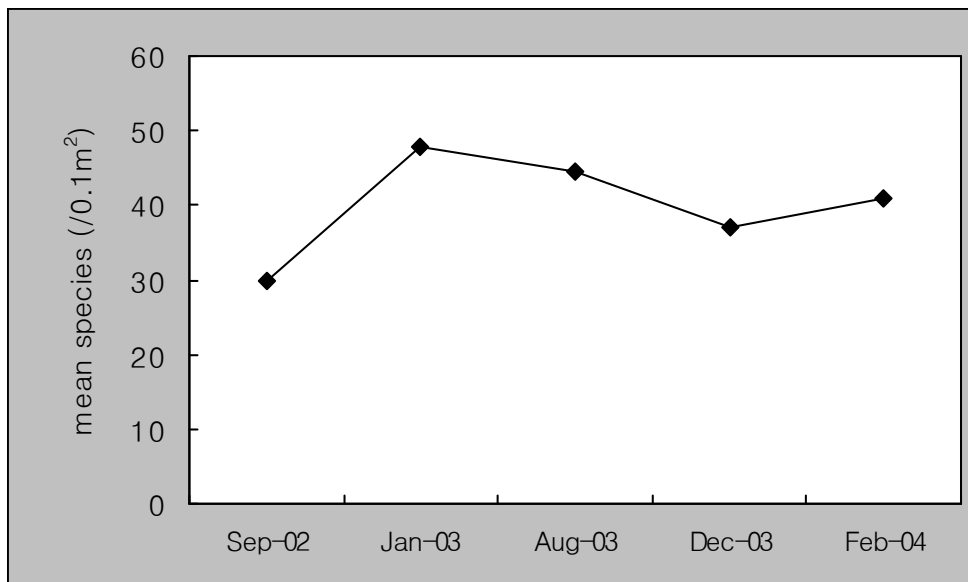


그림 2-4. 시간에 따른 저서동물 평균 종수(0.1m²)의 변화.

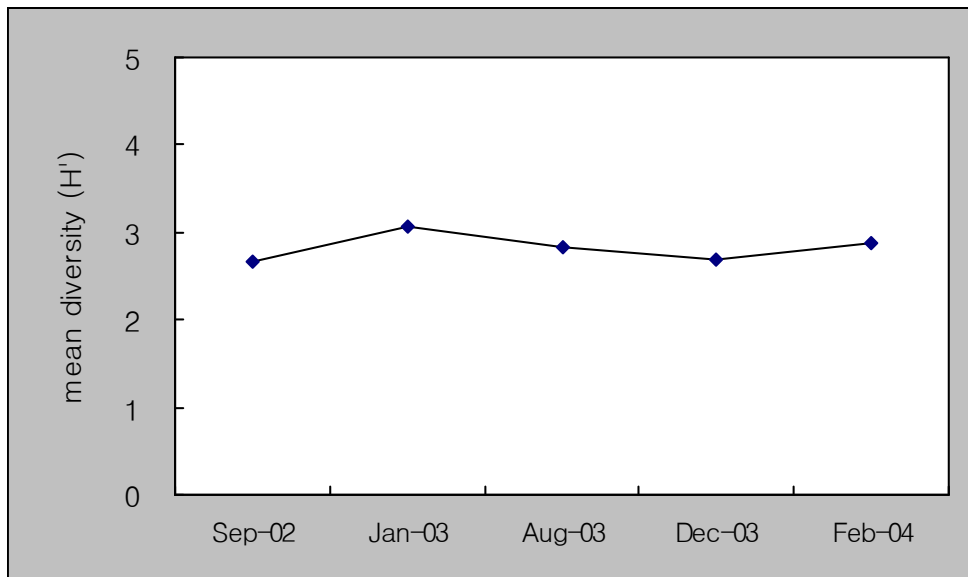


그림 2-5. 시간에 따른 저서동물 평균 다양도의 변화.

(5) 저서동물 군집구조 분석

주성분분석(principal component analysis)을 통하여 3회 조사기간 동안 36개 정점에서 채집된 저서동물 310종의 생물 변수간에 관계를 성립하게 하는 공통인자(주성분)를 찾아내는 시도를 하였다. 분석결과 제1주성분(Axis 1)과 제2주성분(Axis 2)은 전체 데이터의 61.8%를 표현하여 비교적 높은 설명력을 갖는 것으로 나타났으며, 그 중에서 인자 부하량의 절대치가 큰(여기서는 0.1 이상) 24개의 변수를 선별해 내었다. 제1주성분의 상위에 적재되어있는 실타래갯지렁이류(*Tharyx* spp.), 버들갯지렁이류(*Heteromastus filiformis*, *Mediomastus californiensis*)와 접시조개류(*Moerella* sp.), 아기반투명조개(*Theora fragilis*) 등은 유기물이 과다한(organic enrichment) 서식처에서 전형적으로 출현하는 저서동물로서 조사해역의 저서환경을 가늠해 볼 수 있는 의미 있는 정보이다. 한편 주성분분석을 통해 축약된 24종의 저서동물은 조사 기간 중 전 정점에서 채집된 자료를 종합하여 밀도를 기준으로 우점종을 선별했을 경우 전체 개체수의 상위 70%를 차지하는 우점종 목록과도 거의 일치하고 있다.

주성분분석을 통해 축약된 24개 생물변수를 가지고 이에 대응하는 정점과 환경변수를 파악하기 위하여 정준대응분석(canonical correspondence analysis)을 하였다. 분석에 사용된 6개의 환경변수는 역질함량(gravel), 실트함량(silt), 분급도(sorting), 강열감량(IL), 수심(depth), 종 다양도지수(diversity)이며, 분석결과 6개의 환경변수 가운데 실트함량과 분급도가 생물분포에 가장 많은 영향을 미치고 있고, 다음으로는 역질함량과 종 다양도에 의해 군집이 구별되는 것으로 나타났다. 대응분석그림을 보면 저서동물군집은 제1축(횡축)의 영향력에 따라 크게 우측의 정점군(정점 8, 11, 18, 22)과 좌측의 나머지 정점군으로 구별되며, 이러한 결과에 대응하는 변수는 일차적으로 퇴적물의 실트함량(silt)과 분급도(sorting)임을 알 수 있다. 그림 2-6에서 정점군 S18, F18, W18, S11, F11, S8이 동일군집으로 분류되고, 정점군 F7, S22, W22가 또 하나의 동일군집에 속하며, 나머지 정점군이 동일군집으로 나뉘는 것을 알 수 있다.

실타래갯지렁이류인 *Tharyx* spp.는 밀도에 다소 변동이 있지만 조사초기부터 현재까지 최우점종의 위치를 유지하고 있었으며, 양손갯지렁이(*Magelona japonica*)는 조사초기엔 27개체/m²의 밀도로 서열 9위에 기록되었으나 2003년 이후로 밀도가 증가하여 평균 164~243개체/m²의 밀도로 서열 1~2위를 다투는 극우점종이 되었다. 또한 접시조개류(*Moerella* sp.)와 아기반투명조개(*Theora fragilis*)도 조사 초기엔 밀도가 미미하였으나 최근에 밀도가 증가하여 우점종으로 구분되었다. 반면에 거미불가사리 *Amphipolus megapomus*는 2002년 9월과 2003년 8월에 각각 서열 4위(51개체/m²)와 3위(143개체/m²)에 기록되었으나 점차 밀도가 감소하여 2004년 2월엔 17위(26개체/m²)로 밀려났다. 그러나 단순한 계절 변동일 가능성도 배제할 수 없으므로 지속적인 관찰이 요구된다. 최근의 조사에서 상위 우점종으로 선정된 실타래갯지렁이류(*Tharyx* spp.), 버들갯지렁이류 (*Heteromastus*

filiformis, *Mediomastus californiensis*)와 접시조개류(*Moerella* sp.), 아기반투명조개(*Theora fragilis*)와 같은 저서동물은 퇴적물 내 유기물함량이 지나치게 높은 환경(organic enriched environment)에서 전형적으로 출현하는 생물들이다. 따라서 '유기물오염의 지표종'으로서 이들의 밀도를 지속적 감시해야 할 필요가 있으며, 향후 바다목장 사업의 과정에서 가두리양식과 같이 직접적으로 저층의 유기물오염을 가중시키는 방법은 회피하되, 반드시 필요한 경우에만 적지선정 시 퇴적물조성이 실트함량이 적고 역질 또는 사질함량이 높은 장소를 고려해야 저층의 과다한 유기물축적을 경감시킬 것으로 보인다.

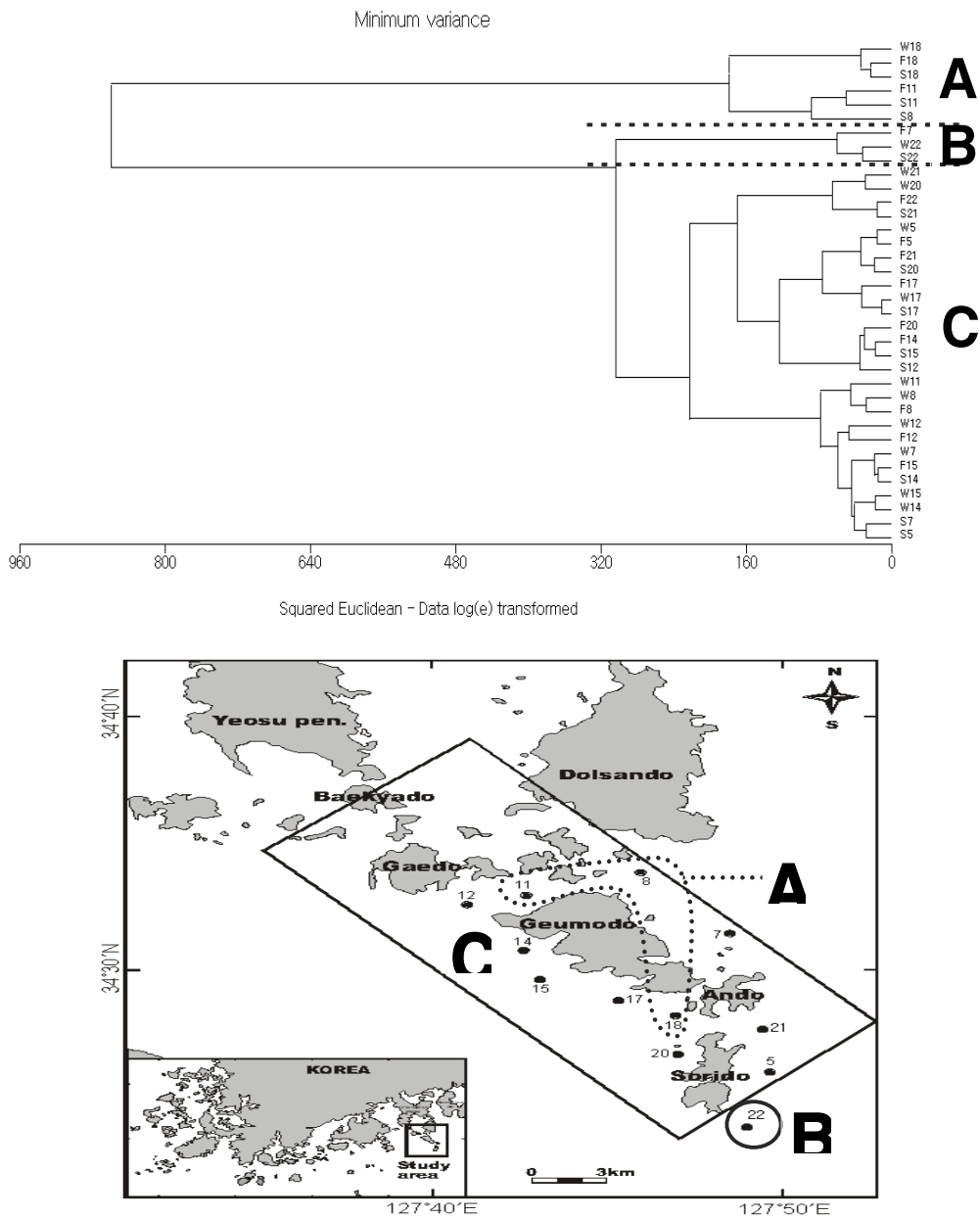


그림 2-6. 집괴분석에 의해 3개 집단으로 구분된 저서동물군집.

(6) 저서생태계의 건강도

저서동물군집의 밀도 및 생체량 기준의 다양도 비율로서 생태계의 건강도를 판단하는 SEP 지수를 계산한 결과, 장소에 따라 다소 차이는 있으나 하계-추계-동계 조사시기별 평균은 각각 0.59, 0.58, 0.57로 낮아 평균적으로는 건강한 환경상태에 속했다. 공간적으로는 대체로 정점 8, 14, 20, 22 지역이 낮은 값을 나타내 상대적으로 건강한 저서환경인 것으로 추정되었다. 일부 정점에서는 1 주변의 높은 값도 관찰되었다.

(7) 저서동물 군집의 2차 생산력

2003년 8월과 12월, 그리고 2004년 2월의 3회 조사가 이루어진 정점 5부터 22까지의 12개 정점 군집 자료를 바탕으로 2차 생산량을 추정한 결과를 그림 2-7에 나타내었다. 추정된 생산력(P)의 정점별 분포는 5.209~48.371gAFDW m²y⁻¹의 범위로 정점 간 차이가 큰 것으로 나타났으며, 13.499gAFDW m²y⁻¹의 평균값을 나타냈다. 지역별로는 안도 근처의 정점 18에서 가장 높은 값을 기록하였으며, 가장 남측에 위치한 소리도 남단의 정점 22에서는 24.330gAFDWm²y⁻¹의 생산력을 나타냈다. 이들 두 곳을 제외한 나머지 지역들의 생산력 추정치는 5.209~14.034gAFDWm²y⁻¹의 범위를 보였으며, 평균 8.928gAFDW m²y⁻¹로 나타났다. 생산력 추정치의 각 지역별 분포는 그림 2-8에 제시하였다.

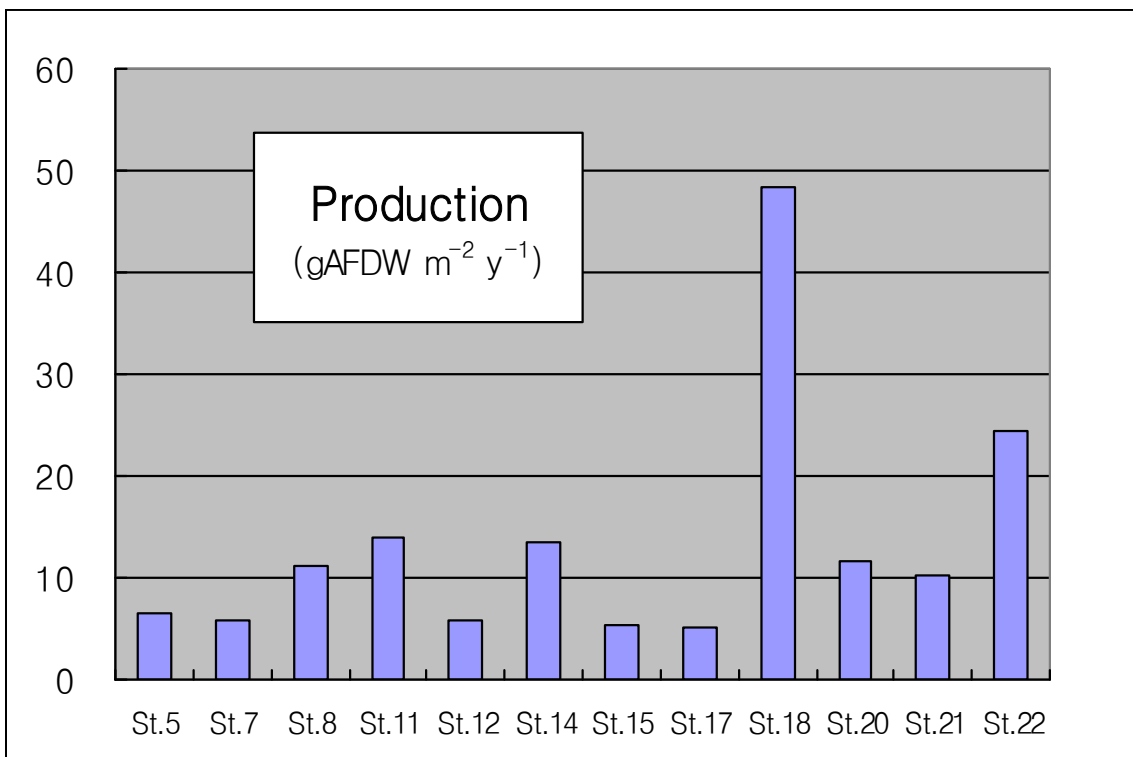


그림 2-7. 조사 해역 대형 저서동물 군집의 2차 생산력.

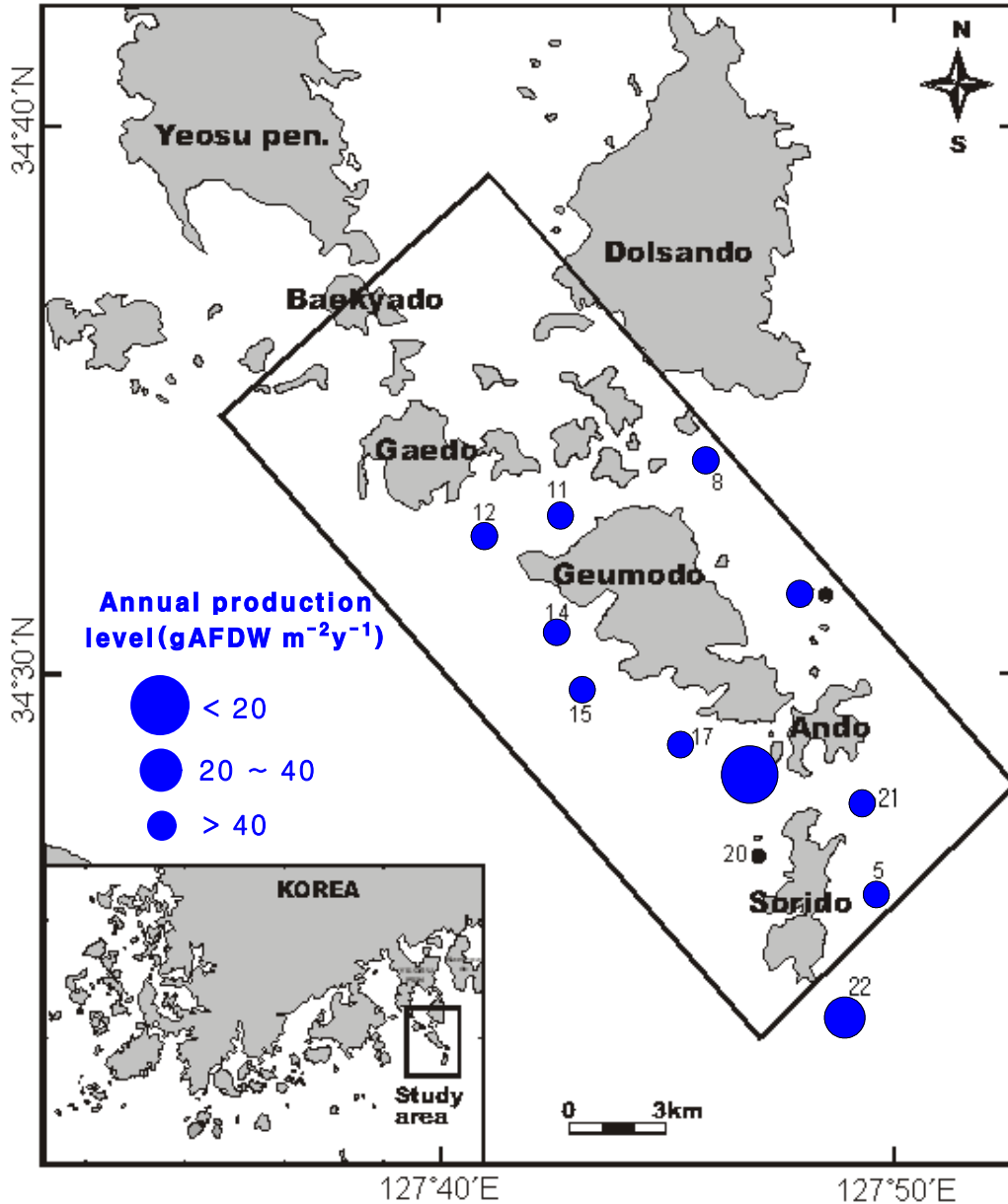


그림 2-8. 정점별 대형저서동물 연간생산량.

전반적으로 극피동물의 거미불가사리류(EOp)와 성게류(EEc)의 비중이 큰 것으로 나타났으며, 환형동물 다모류(APol)와 연체동물 복족류(MGs) 역시 높은 기여도를 나타냈다. 가장 높은 생산력을 기록한 종은 거미불가사리류(EOp)의 *Ophiopholis mirabilis*로 나타났으며, 이들은 총 30.169gAFDW의 생체량으로 18.6%의 비중을 나타냈다. 또한, 성게류(EEc)의 *Schizaster lacunosus*는 9.4%(15.258gAFDW), 다모류(APol)의 *Sternaspis scutata*와 *Tharyx* spp., 그리고 *Magelona japonica*는 각각 7.2%, 5.9%, 4.7%의 비중을 차지하였다.

저서군집의 2차 생산력 추정치를 살펴본 결과, 두 가지의 특징이 나타났다. 첫째, 1차

와 2차 조사 간에 생산력에 있어서 통계학적으로는 유의한 차이를 보이지 않은 것으로 나타났지만, 그 추정치의 분산 범위에 있어서는 다소 큰 차이를 보였다. 그러나 이는 1차 조사에서는 거의 출현하지 않았지만 2차 조사의 일부 정점에서 높은 서식밀도와 생체량을 나타낸 극피동물 거미불가사리류(EOp)의 *Ophiopholis mirabilis*의 출현에 의하여 야기된 현상이다. 현재까지 본 종의 생리·생태적 특성에 대해서 알려진 바는 거의 없다. 일반적으로는 작은 몸체 크기에 짧은 수명을 갖는 r-strategy-selective species의 생산력이 높을 것이다. 따라서 k-strategy-selective species라고 할 수 있는 *O. mirabilis*에 의해 높은 군집 생산력이 추정된 것은 다소 특이한 현상이라 할 수 있다. 이는 동일한 생활전략을 갖는 이매패류에 의해 높은 군집 생산력이 추정된 Mitri *et al.*(2001)의 연구 사례와 유사한 것이라 할 수 있다. 다만 그들이 해석한 바와 같이 이러한 생물상이 안정적인 생산력과 기능(예를 들어, 높은 생체량에 비해 낮은 산소 요구량으로 많은 양의 유기물 흡수)을 유지할 지는 지켜봐야 할 것이다.

두 번째로, 저서군집 생산력을 조절하는 요인으로는 분급도가 유의한 설명력을 가지는 것으로 나타났는데, 이는 생산력에 높은 기여도를 보인 *Ophiopholis mirabilis*가 출현한 지역의 환경적인 특성을 반영한 결과로 추정된다. 현재까지 알려진 생산력 조절 요인은, Tumbiolo and Downing(1994)이 제시한 바와 같이, 부영양화의 정도(과영양화된 Chesapeake Bay의 생산력이 그들이 제시한 모형에 의해서 추정된 값보다 평균 약 60% 높게 나타났)나 수온, 수심 등이다. 먹이의 양이나 수온 등은 생물의 대사와 밀접한 요인을 가지므로 기계적 관계를 갖는 생산력 조절 요인으로 추정될 수 있으나 분급도는 생물의 대사에 영향을 줄 만한 요소가 아니다. 따라서 모형의 결과를 액면대로 받아들여 분급도를 생산력의 높낮이를 결정하는 요인(causal factor)으로 보는 것은 무리가 있으며, 조사 해석의 범위 내에서 생산력을 조절하는 요인과 상관관계에 있는 correlative agents의 하나로 보는 것이 바람직할 것이다. 조사 해석의 범위 내라는 가정이 무리한 것인지 또는 타당한 것인지는 다년간의 모형 연구를 통하여 안정적인 결과가 제시되는 가를 점검해 봄으로써 대략적으로 파악될 수 있는 것이다. 현재로서는 이러한 모형을 통하여 퇴적물의 분급도가 높은 곳이 2차 생산력이 높을 것이라고 예측하는 정도로 활용하는 것이 타당하다.

바. Visiting species와 위 내용물

(1) 포식자 군집의 조성

조사해역과 광양만에서 어류의 위내용물 분석을 위해 2002년 11월부터 2004년 2월 사이 6회에 걸쳐 채집된 어류는 총 46종이었다. 이 중 우점종은 전갱이(*Trachurus japonicus*), 붕장어(*Conger myriaster*), 점농어(*Lateolabrax maculatus*)였으며, 송어(*Mugil cephalus*), 문치가자미(*Limanda yakohomae*), 돌돔(*Oplegnathus fasciatus*), 전어(*Konosirus punctatus*) 등도 비

교적 많이 채집되었다. 그 외에 주둥치(*Leiognathus nuchalis*), 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*), 베도라치(*Pholis nebulosa*), 문절망둑(*Acanthogobius flvimanus*), 도화망둑(*Chaeturichthys hexanema*), 쥐노래미(*Hexagrammos otakii*), 미역치(*Hypodytes rubripinnis*), 양태(*Platycephalus indicus*), 보리멸(*Sillago sihama*), 전어(*Konosirus punctatus*), 청어(*Clupea pallasii*), 민태(*Johnius grypotos*), 박대(*Cynoglossus semilaevis*), 개서대(*Cynoglossus robustus*), 성대(*Chelidonichthy spinosus*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 병어(*Pampus argenteus*), 참복(*Takifugu chinensis*), 쌍동가리돔(*Parapercis sexfasciatus*), 쏨뱅이(*Sebastiscus marmoratus*), 아귀(*Lophiomus setigerus*) 등이 채집되었다.

총 6회 채집기간 중 가장 많은 빈도(4회)로 출현한 종은 감성돔(*A. schlegelii*), 베도라치(*P. nebulosa*), 송어(*M. cephalus*), 붕장어(*C. myriaster*)였다. 이들의 출현 시기는 2003년 9월을 포함하여 2003년과 2004년 겨울인 1월과 12월 그리고 2월에 출현하였다. 총 3회의 출현빈도를 보인 어종은 보라물메기(*L. megacephalus*), 양태(*P. indicus*), 전갱이(*T. japonicus*), 전어(*K. punctatus*), 점농어(*L. maculatus*)였다.

조사 시기별 출현종수는 2003년 9월에 23종으로 가장 다양했으며, 2003년 1월에 4종으로 가장 단조로웠다. 그 외 시기에서는 11-15종으로 비슷했다. 출현 개체수도 2003년 9월에 53개체로 가장 많았으며, 2003년 1월에 4개체로 가장 적었다. 그 외 시기에서는 22-46개체의 범위를 보였다. 채집시기가 계절조사 형태로 이루어지지 않았으나 출현종수와 개체수에서 모두 여름에 높고 겨울에 낮은 양상을 보였다. 이와 같이 겨울에 생물량이 감소하고 여름에 증가하는 것은 광양만(허와 곽, 1997), 안골만(이 등, 2000), 고흥반도(한 등, 2001) 등 어류군집 연구에서 공통적으로 나타나는 특징이다. 이것은 온대 해역에서 일반적으로 나타나는 현상(이, 1998)으로 수온이 낮은 겨울에 회유성 어종들이 월동을 위해 비교적 수심이 깊은 곳으로 이동하고 수온이 상승하는 봄과 여름에 산란과 성장을 위해 연안으로 회유하기 때문이다(허와 곽, 1997). 따라서 본 조사해역에서 어류군집에 의한 포식압은 여름에 증가하고 겨울에 감소 할 것으로 생각된다.

(2) 섭식 생태

총 46종, 194 개체의 어류 가운데 75개체가 공복 상태였으며 119 개체의 위장에서 먹이 생물이 발견되었다. 119 개체의 위 내용물을 바탕으로 표 2-5에 조사 시기에 따른 위장 내 먹이 생물군 별 빈도 분포를 분할표(contingency table)로 나타내었다.

유의한 시기별 차이에 기여한 위 내용물의 동물군은 2004년 1월의 만각류(CCi), 2003년 9월의 집게류(CDA) 그리고 2003년 12월의 기타 동물군(others) 등이다.

전 시기에 걸쳐 높은 빈도를 나타낸 동물군은 갑각류의 단각류(총 45회 출현), 어류(44회), 다모류(30회), 새우류 (30회) 등인 것으로 나타났다. 나머지의 경우 갑각류에 속하는 동물군이 높은 빈도를 나타내었다. 조사 해역 어류의 주요 먹이 자원은 갑각류인 것으로

추정할 수 있었으며, 이는 갑각류가 어류의 주요 자원이라고 언급한 Arendt *et al.*(2001)의 연구와 일치하는 것이다.

표 2-5. 시기별 먹이 생물의 동물군별 빈도 분포

	2002-11	2003-01	2003-09	2003-12	2004-01	2004-02	Total
Algae		1	2	1		3	7
APol	18		7	5			30
CAm	24	1	4	1	2	13	45
CCi					1*		1
CCo	3						3
CDA			2*				2
CDB	1		1	1		1	4
CDM	9	2	3	4	3	9	30
CIs	2		1				3
CMy	2			2	1	1	6
CSt	3		1	1			5
EOp			1	1			2
MBi	8		3	1		1	13
MCe	1		1	1			3
MGs	2		2			1	5
Others			1	2*			3
Pis	22	2	5	5	6	4	44

※ * denotes significant contribution to seasonal differences of prey composition.

Taxon codes: Algae-macroalgae, APol-polychaetes, CAm-amphipoda, CCi-cirripedia, CCo-copepoda, CDA-Anomura, CDB-Brachyura, CDM-Macrura, CIs-Isopoda, CMy-Mysidacea, CSt-Stomatopoda, EOp-Ophiuroidea, MBi-Bivalvia, MCe-Cephalopoda, MGs-Gastropoda, Others-miscellaneous taxa and Pis-pisces.

어류 위 내용물의 다양성(trophic diversity)을 통하여 어류 종별 그리고 조사 시기별 섭식 지위의 너비를 관찰하였다. 이러한 분석을 통하여 어류를 generalist와 specialist로 구분하는 것이 가능할 것으로 기대되었다. 2002년 11월의 경우 가장 높은 다양성 또는 넓은 섭식 지위를 나타낸 어류는 도화망둑(*Chaeturichthys hexanema*)인 것으로 나타났다. 다음은 개서대(*Cynoglossus robustus*), 민태(*Johnius grypotus*), 농어(*Lateolabrax japonicus*), 주둥치(*Leiognathus nuchalis*) 등인 것으로 나타났다. 2003년 1월의 경우 가장 높은 다양성 또는 넓은 섭식 지위를 나타낸 어류는 양태(*Platycephalus indicus*)인 것으로 나타났다. 감성돔(*Acanthopagrus schlegelii*)와 붕장어(*Conger myriaster*)의 섭식 지위는 매우 좁은 것으로 나타났다. 2003년 9월의 경우 가장 높은 다양성 또는 넓은 섭식 지위를 나타낸 어류는 쌍둥가리돔(*Parapercis sexfasciatus*)인 것으로 나타났다. 다음은 샛돔(*Psenopsis anomala*), 점농어(*Lateolabrax maculatus*) 등인 것으로 나타났다.

조사 기간 중 2003년 1월과 2004년 1월에는 대부분의 어류의 섭식 지위가 좁거나 공

복 상태인 것으로 나타났다. 이러한 것이 계절적인 현상인지는 현재로는 알 수 없다. 양태(*P. indicus*)의 경우 지속적으로 비교적 넓은 섭식 지위를 나타낸 반면 감성돔(*A. schlegelii*)의 것은 좁은 것으로 관찰되었다. 허와 곽(1998)의 연구에 의하면 감성돔의 유어(SL~7cm)는 광양만의 잘피밭에서 다양한 먹이를 섭식하는 것으로 나타났다. 일반적으로 성어의 경우는 섭식 지위가 넓으므로 본 연구와 허와 곽(1998)의 것의 차이는 채집 방법의 차이(전자의 경우 정치망이며 후자는 트롤 사용)에 기인하는 편의 가능성에 무게를 둘 수도 있다. 그러나 동일한 채집 조건 내에서 상대적인 지위의 넓고 좁음을 비교하는 데에는 문제가 없을 것으로 보인다. 위 내용물에 근거한 섭식 장소는 암반인 것으로 추정되었다. 이는 감성돔의 위장 내 해조류 파편의 관찰에 근거한 것이다. 허와 곽(1998)의 연구에서도 잘피나 해조류의 파편이 감성돔의 위장 내에서 관찰되었다. 기질의 종류를 규명할 수는 없더라도 동시에 위장 내에서 출현한 *Caprella*나 바위게(*Hemigrapsus penicillatus*), 그리고 딱총새우류(*Alpheus brevicristatus*)의 출현에 근거하면 암반 위의 해조류가 풍부한 환경이나 자갈들로 이루어진 서식처가 이들의 주된 급이장인 것으로 추정할 수 있다. 본 연구로부터 섭식 지위가 넓은 것으로 추정된 어류들은 빨이나 니질과 약질이 혼재하는 퇴적물, 암반 등지의 보다 다양한 유형의 서식처에서 다양한 먹이를 섭식하는 것으로 나타났다.

약 3년에 걸쳐 조사 작성된 database와 먹이 생물의 추정 서식처(5개로 분류, pelagic, benthopelagic, rock, mud and gravel and mud bottom 등) 자료를 바탕으로 주성분 분석(principal component analysis)을 수행하였으며 결과의 요약표를 표 2-6에 나타내었다.

자료로부터 2개의 정보를 담은 축을 추출하였다. 제 1 주성분 축은 자료가 갖는 총 분산의 약 43%의 정보를 갖는 것으로 나타났으며, 제 2 주성분 축은 약 28%의 정보를 갖는 것으로 나타났다. 2개의 축은 총 71%의 분산을 설명하는 것으로 나타나 5개의 차원(즉 서식처)을 2개의 차원으로 축소(reduction of dimension)한 것이 적절하였음을 판단할 수 있었다.

표 2-6. 주성분 분석 (principal component analysis)의 결과 요약

PRINCIPAL COMPONENTS ANALYSIS		
Imported data		
Analysing 5 variables x 24 cases		
Tolerance of eigenanalysis set at 1E-7		
Eigenvalues		
	Axis 1	Axis 2
Eigenvalues	1.194	0.783
Percentage	42.649	27.958
Cum. Percentage	42.649	70.607

이상의 주성분 분석 결과에 대한 해석으로부터 산포도의 유사한 위치에 놓인 객체(어류)들은 유사한 먹이 습성을 갖는 것으로 나타났다. 따라서 주성분 분석 결과는 섭식 지위의 overlapping 정도를 반영하는 것으로도 볼 수 있었다. 한편 많은 수의 어류가 좌측과 하단에 산포하는 것으로 나타나 수주(BP와 Pelagic)에서 섭식하는 것으로 추정되었으며, 같은 종 내의 개체들은 산포도 내에서 유사한 위치에 분포하는 것으로 나타났다(예를 들어, 붕장어, Conmyr 2~16, 문절망둑, Chahex 1~5). 다양한 조사 시기에 걸쳐 동일한 종 내의 개체들 간 극단적인 서식처에 위치하지 않는 것으로 나타난 것은 일차적으로 이들이 일정한 먹이선택의 범위를 갖기 때문으로 볼 수 있으며, 좁은 지리적 범위의 서식처 내에서 서식하거나 성체의 경우 계절에 따른 이동을 하더라도 선호하는 먹이가 존재하는 급이장에서 크게 이탈하지 않는 범위 내에 분포하는 가능성을 반영하는 것으로도 해석될 수 있다.

이러한 관점에서 잘피밭에서 어류의 위 내용물에 관한 연구를 수행한 허와 곽(1997, 1998외 다수)의 결과를 보면, 다양한 시기(월별로 1년간)에 다양한 어종(감성돔, 망둑어류, 불낙, 붕장어, 베도라치 등)을 대상으로 위 내용물을 분석한 결과 비록 IRI에서 나타난 선호하는 먹이는 다소 차이가 있을 수 있으나 대체로 잘피밭의 갑각류를 집중적으로 섭식하였다는 점에서 위에 제시한 가설의 가능성, 즉 주요 섭이장에서 연중 집중적으로 서식하며 섭식 활동을 행하는 어류가 많음을 추정해 볼 수 있다. 물론 많은 수의 주요 어종을 보유, 육성하며 다양한 기능을 수행하는 잘피밭과 같은 서식처는 연안 생태계에서도 예외적인 특성과 기능의 서식처라고 할 수 있는 곳이다. 본 연구 결과에서 파악된 먹이 생물의 서식처 특성을 허와 곽(1997, 1998외 다수)의 관찰된 위 내용물 자료에 적용하면 잘피밭은 니질 서식 저서동물의 현존량이 매우 높고 잘피에 부착하여 서식하는 epiphytes(주로 단각류의 *Caprella*류)와 pelagic과 benthopelagic prey components들이 높은 현존량을 나타내기 때문에 specialists는 물론 다양한 먹이를 섭식하는, 즉 섭식 지위가 넓은 generalists에게도 훌륭한 급이처인 것으로 볼 수 있다.

Food web 분석을 통하여 어류 군집의 섭식 장소를 파악하기 위한 시도를 행하였다. 각 종별(총 46종 118개체 대상)로 먹이의 위장 내 관찰 빈도에 근거하여 섭식 장소를 trophic links로 나타내었으며 이들의 집중도를 파악하기 위하여 서식처 별로 links의 개수를 파악하여 비율로 나타내었다.

2003년 1월과 2004년 1월에 trophic links의 개수가 적은 것으로 나타난 것은 앞서 언급한 바와 같이 공복 개체수가 다수로 발견된 것에 기인하는 현상이다. Trophic links의 집중도에 근거하면 평균적으로 암반과 BP에 각각 34%와 33%가 집중되어 가장 높은 이용도를 나타낸 서식처이다. 각 시기별로 출현 종 구성에 차이가 있는 것으로 관찰되었으며, 이러한 것이 trophic links 집중도의 시기에 따른 변화의 요인인 것으로 판단된다.

일반적으로 암반에 서식하는 어류의 주요 먹이 생물은 어초 시설에서도 높은 현존량

으로 관찰된다. 어초 시설은 니질 퇴적상으로 단순화되어 있는 바다목장 해역 저서 환경의 공간적 이질성(spatial heterogeneity)과 먹이 생물의 현존량 증가(인천광역시 시설 어초의 경우 주변 연성 기질에 비해 20배 이상 밀도 증가)에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 먹이 생물의 풍부함이 어류 자원을 결정짓는 중요한 요인 가운데 하나라는 관점에서 어초의 시설과 더불어 행해져야 할 것이 잘피밭의 복원이나 현존하는 잘피밭에 대한 적절한 관리와 보존일 것이다. 이러한 시도가 조사 해역 주변 천해 니질 퇴적물 서식처의 생산력을 끌어올리는 데에 있어 필수적인 방안일 것이라는 데에는 이견이나 부차적인 설명이 필요치 않다(Zimmerman *et al.*, 1984; Gleason, 1986). 현재 복원이 활발하게 수행되고 있는 미국의 북서부 연안역에서는 단순한 물리적 서식처의 조성보다는 생태학적인 기능에 초점을 맞추는 것으로 복원의 방향이 바뀌고 있으며, 복원 대상이 되는 서식처의 중요한 속성 가운데 하나가 어류의 먹이 자원이다(Siemenstad and Thom, 1992). 본 연구를 통하여 바다목장 해역 내 어류의 주요 먹이 생물과 급이장을 파악할 수 있었으며, 이에 근거하여 본 연구진은 인공적인 급이장과 어초의 시설 외에 바다목장 해역의 어류 생산력을 높이기 위한 방법으로 잘피밭의 보존 또는 복원을 제안한다.

사. 어란 및 자치어 분포

(1) 부유성 어란 및 자치어

본 조사 해역인 여수시 금오도 연안에 출현한 부유성난은 멸치, 전어, 정어리, 미역치, 보리멸, 주둥치, 엘통이, 동갈양태속 어류, 망둑어과 어류, 참서대 및 기타 등 총 10개 분류군으로 분류되었다.

금오도 연안에서 부유성난의 총출현량은 56,478립/1,000m³이며, 그 중 멸치난이 56,163립/1,000m³으로 총출현량의 98.92%를 차지하여 최우점 하였다.

표 2-7. 여수 금오도연안의 부유성난(ind./1,000m³)

Species	Month					Total
	Aug.	Oct.	Jan.	Apr.		
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	55,816	155	-	32	56,003	
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	-	-	-	13	13	
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	-	-	-	15	15	
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	210	-	-	-	210	
보리멸 <i>Sillago sihama</i>	42	-	-	-	42	
엘통이 <i>Maurdicus muelleri</i>	24	-	-	-	24	
동갈양태속 어류 <i>Callionymus</i> spp.	3	27	-	-	30	
망둑어과 어류 <i>Gobiidae</i> spp.	-	-	-	26	26	
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	-	48	-	-	48	
Unknown spp.	8	25	2	32	67	
Total	56,103	255	2	118	56,478	
Number of species	6	4	1	5	10	

본 조사에서 출현한 자치어는 총 6목 19과 25종 1,896개체/1,000m³로, 월별로는 8월 조사시에 총 4목 15과 18종 1,457개체/1,000m³가 출현하여 출현종수와 출현빈도가 가장 높게 나타났다(표 2-8). 그 중 멸치가 487개체/1,000m³로 8월 출현량의 33.4%를 차지하여 가장 우점 하였고, 다음으로 보리멸이 195개체/1,000m³로 8월 출현량의 13.4%, 주둥치가 161개체/1,000m³로 11.1%, 갈기베도라치가 151개체/1,000m³로 10.4%, 전어가 129개체/1,000 m³ 출현하여 8.1%, 망둑어과 어류가 123개체/1,000m³로 7.7%를 차지하였다.

본 해역에서 정착성 어종은 주둥치, 양태, 동갈양태속 어류, 앞동갈베도라치, 청베도라치, 황줄베도라치, 갈기베도라치 및 망둑어과 어류 등으로 총 8종이 출현하였다.

표 2-8. 여수 금오도 연안의 월별 자치어 분포(ind./1,000m³)

Species	Month					Total
	Aug.	Oct.	Jan.	Apr.		
멸치 <i>Engraulis japonicus</i>	487	81	-	132	700	
전어 <i>Konosirus punctatus</i>	119	-	-	42	161	
정어리 <i>Sardinops melanostictus</i>	-	-	-	3	3	
제비날치 <i>Cypselurus hiraii</i>	-	6	-	-	6	
해마 <i>Hippocampus coronatus</i>	5	-	-	-	5	
미역치 <i>Hypodytes rubripinnis</i>	7	1	-	-	8	
풀미역치 <i>Erisphex pottii</i>	24	-	-	-	24	
양태 <i>Platycephalus indicus</i>	53	14	-	-	67	
쥐노래미 <i>Hexagrammos otakii</i>	-	-	6	-	6	
노래미 <i>H. agrammus</i>	-	-	3	-	3	
보리멸 <i>Sillago japonica</i>	195	3	-	-	198	
주둥치 <i>Leiognathus nuchalis</i>	161	-	-	-	161	
보구치 <i>Argyrosomus argentatus</i>	21	-	-	-	21	
자리돔 <i>Chromis notatus</i>	3	-	-	-	3	
황줄베도라치 <i>Phodymenichthys dolichogaster</i>	3	-	-	-	3	
베도라치 <i>Pholis neulosa</i>	7	-	-	-	7	
까나리 <i>Ammodytes personatus</i>	-	-	-	11	11	
앞동갈베도라치 <i>Omobranchus elegans</i>	111	8	2	-	121	
청베도라치 <i>Parablennius yatabei</i>	-	37	-	-	37	
갈기베도라치 <i>Scartella cristata</i>	151	9	-	-	160	
동갈양태속어류 <i>Callionymus</i> sp.	3	5	-	16	24	
망둑어과어류 Gobiidae	100	28	2	23	153	
물치다래류 <i>Auxis</i> sp.	2	-	-	-	2	
덕대 <i>Pampus echinogaster</i>	5	4	-	-	9	
참서대 <i>Cynoglossus joyneri</i>	-	3	-	-	3	
Total	1,457	199	13	227	1,896	
Number of species	18	12	4	6	25	

(2) 군집구조

2003년 6월부터 2004년 5월까지 금오도 연안에서 채집되었던 자치어의 월별 종 다양도지수(H')는 1.2502~2.0852로, 2003년 8월에 가장 높게 나타났으며, 2004년 4월에 가장 낮은 값으로 나타났다. 균등도 지수는 0.6978~0.9170으로 1월에 가장 높게 나타났고, 4월에 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 0.4681~0.7665로 4월에 가장 높았고, 8월에 낮은 값을 나타내 우점도 지수와는 비슷하였으나, 다양도 지수와는 반대 경향으로 나타났다.

자치어의 월별 군집의 유사도를 보면, 2003년 8월과 10월에는 멸치, 보리멸, 주둥치, 청베도라치, 갈기베도라치 및 망둑어과 어류가 우점하였고, 출현종들도 유사한 점에서 비슷하여 상대거리차가 0.013으로 가장 작아 군집상이 매우 유사하였으며, 다음으로 2003년 8월과 2004년 4월에 멸치, 전어 및 망둑어과 어류가 우점하였고, 출현종들도 유사한 점에서 상대거리차가 0.242로 유집되어, 월별 군집상에 차이가 있었다. 그리고 2003년 8월과 2004년 1월에는 상대거리차가 0.342로 군집상에 차이를 보였다.

조사정점별 종 다양도지수(H')는 1.7450~2.2307로, St. 3에서 가장 높은 값으로 나타났고, St. 2에서 낮게 나타났다. 종 균등도 지수는 0.6612~0.7461로, St. 3에서 비교적 높은 값을 보였고, St. 2에서 낮은 값을 보여 출현종수와 개체수의 변화가 비슷한 양상을 보였다. 우점도 지수는 0.4250~0.6123으로 St. 2에서 높았고, St. 1에서 낮은 값을 나타내어 다양도 지수와 균등도 지수와는 반대 경향으로 나타났다. 정점별 군집의 유사도를 보면, 멸치, 전어, 보리멸, 주둥치, 갈기베도라치 및 동갈양태속 어류 등의 출현종이 비슷하여 St. 2와 St. 5에서 0.053의 상대거리차이를 보여 군집상이 유사하였고, 다음은 St. 2와 St. 4에서 0.198로 비교적 적은 상대거리 차이를 보였으며, St. 1과 St. 2에서 0.351의 상대거리 차이를 보였다.

아. 어류상

(1) 어류 종조성

금오도 주변에 채집된 어류는 총 12목 33과 48종, 1,850개체/1,000m³로서, 그중 농어목(Perciformes)이 12과 17종으로 가장 많았고, 다음으로는 쏨뱅이목(Scorpaeniformes)이 6과 10종, 청어목(Clupeiformes)이 3과 7종으로 이들 3목이 포함된 어류가 34종으로 전체 개체수의 70.8%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났으며, 과별로 가장 다양하게 출현한 어류는 저서어종인 멸치과(Engraulidae)가 4종, 망둑어과(Gobiidae)가 3종이 출현하였다.

본 조사 해역에 출현한 어류 중 붕장어, 반지, 전어, 주둥치, 문치가자미가 월마다 출현하는 것으로 조사되었고, 정어리, 엘통이, 그물메기, 줄비늘치, 성대, 밑달갱이, 넙치, 참서대는 8월에만 출현하였으며, 병어는 10월에만 출현하는 종으로 조사되었다.

(2) 군집구조

조사지역의 월별 종 다양도 지수(H')는 2.253~2.741로 출현종수가 비교적 많은 2003년 8월에 가장 높게 나타났으며, 10월에 가장 낮게 나타났다. 균등도 지수는 0.622~0.903으로 2004년 1월에 가장 높게 나타났으며, 10월에 가장 낮게 나타났다. 우점도 지수는 0.324~0.468로 10월에 가장 높게 나타났고, 1월에 0.324로 가장 낮게 나타났으며, 균등도 지수와는 반대의 경향으로 나타났다. 금오도 주변의 어류의 월별 군집의 유사도를 보면, 2003년 8월과 10월에는 조피볼락, 주둥치가 우점하였고, 출현 종들도 유사한 점에서 비슷하여 상대거리차가 0.021로 가장 작아 군집상이 매우 유사하였다. 다음으로 2004년 1월과 4월에 전어, 주둥치가 우점하였고, 출현 종들도 유사한 점에서 비슷하여 상대거리차가 0.171로 유집되어, 월별 군집상에 약간의 차이가 있었다. 그리고 8월과 1월에는 우점종과 출현종이 유사하지 않아 상대거리차가 0.537로 군집상에 차이가 가장 컸다.

정점별 종 다양도 지수(H')는 St. 4에서 2.814로 가장 높게 나타났고, 다음으로는 St. 1에서 2.762로 나타났으나, St. 5에서는 2.641로 가장 낮게 나타났다. 균등도 지수는 St. 3에서 0.827로 가장 높게 나타났고, St. 1에서는 0.765로 가장 낮게 나타났다. 우점도는 St. 1에서 0.403으로 가장 높게 나타났고, St. 3에서 0.319로 가장 낮게 나타나 다양도 지수와 유사한 경향을 보였으나 균등도 지수와는 반대경향을 보였다. 금오도 주변의 어류의 정점별 군집의 유사도는 St. 1과 St. 3의 상대거리차가 0.008로 낮은 유사도를 나타내어, 매우 유사한 군집구조를 보였으며, St. 2와 St. 5의 상대거리차가 0.016으로 낮아 유사한 군집구조를 보였으며, St. 1과 St. 2는 출현종이 유사하지 않아 상대거리차가 0.201로 군집상의 차이가 가장 컸다.

(3) 어시장 어류 종조성

본 조사는 전남 여수시 돌산읍 군내리 어시장과 여수시 서시장에서 월 2회 어류를 조사하였고, 어시장에서 조사된 종은 대부분 정치망어업이나 이각망어업, 자망어업을 통해 어획된 종들이었으며, 산업 종으로 가치 있는 종들이었다.

조사 기간동안 모두 출현한 종은 총 93과 47종으로 이들 중 농어목이 12과 18종으로 가장 많이 출현하였고, 다음으로는 썸뱅이목이 4과 7종이 출현하였으며, 다음으로는 가자미목이 3과 6종이 출현하는 양상을 보였다. 과별로 보면 송어과 어류가 3종, 고등어과 어류가 3종, 가자미과 어류가 3종, 참복과어류가 3종으로 가장 많이 출현하였고, 월별로 보면 9월에 35종으로 가장 많은 종이 출현하였으나, 1월에는 22종으로 가장 적은 종이 출현하였다.

본 조사기간 동안 계속 출현한 종은 준치, 송어, 조피볼락, 넙치가 출현하였고, 많은 양이 출현한 종은 멸치, 준치, 전어, 조피볼락 이었다.

자. 해조류

4개 조사지점에서 두 계절에 걸쳐 출현한 해조류의 종수는 총 26종으로 녹조류 5종, 갈조류 6종, 홍조류 15종이었다. 하계(2003년 8월)에는 지점 1(S1)에서 9종, 지점 2(S2)에서 15종, 지점 3(S3)에서 13종, 그리고 지점 4(S4)에서 14종이 출현하였다. 추계(2003년 11월)에는 지점 1(S1)에서 9종, 지점 2(S2)에서 14종, 지점 3(S3)에서 11종, 그리고 지점 4(S4)에서 11종이 출현하였다(표 2-9).

표 2-9. 4개 조사지점에서 출현한 해조류의 분류군별 출현종수

Site/Season	S1		S2		S3		S4		Total
	Aug	Nov	Aug	Nov	Aug	Nov	Aug	Nov	
Chlorophyta	0	0	3	2	2	2	3	2	5
Phaeophyta	4	3	4	4	2	1	2	3	6
Rhodophyta	5	6	8	8	9	8	9	6	15
Total	9	9	15	14	13	11	14	11	26

4개 조사지점의 출현종수의 시공간적 차이를 알고자 분산분석(Two-way ANOVA)를 실시한 결과, 출현종수는 지점별로 유의한 차이가 있으며, 계절별로도 유의한 차이가 있었다. 이 결과는 조사된 4개 지점에서의 출현종수가 시공간적으로 유의하게 변화함을 나타내고 있다.

4개 조사지점에서 해조류의 피도와 출현종수의 수직변화는 두 계절 모두에 걸쳐 해조류의 피도와 출현종수는 수심증가에 따라 급격히 감소하였다. 지점 1, 2, 4에서는 해조류가 수심 9m까지 출현하였고, 지점 3에서는 수심 5m까지만 해조류가 출현하였다.

4개 조사지점에서 출현한 해조류의 종류별 피도는 두 계절 모두를 종합해 볼 때, 피도가 가장 높은 해조류는 우뚝가사리(*Gelidium amansii*), 작은구슬산호말(*Corallina pilulifera*), 넓은게발(*Amphiroa dilatata*), 붉은까막살(*Carpopeltis cornea*), 비틀대모자반(*Sargassum sagamianum*), 잎꼬시래기(*Gracilaria textorii*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*)이었고, 그 외의 종은 2.0미만의 피도를 보였다.

제 3 장 어장조성기술

제 1 절 해중립 조성기술

1. 서론

연안 생태계에서 해조류는 계의 주요한 일차 생산자로서 물질순환의 중심을 이루고 있을 뿐만 아니라, 어류 또는 무척추동물물을 포함한 다양한 분류군의 서식공간으로서 군집의 이차생산력을 높이는 역할을 하고 있다. 그러므로 바다목장과 같이 생태계를 효율적으로 이용하고자 하는 사업에 있어서는 인위적으로 해중립 조성에 노력해 왔다. 해중립 조성에 있어 대상이 되는 종은 주로 대형 갈조류들이다. 이들은 첫째 상대성장률이 큼으로 인해 단위 시간당 물질생산력이 높아 해당 생태계에 필요한 물질을 상대적으로 많이 제공하며, 둘째 개체의 크기가 큼으로 인해, 모여 살 경우 큰 숲을 이루어 주요 수산자원이 되는 어류에게 포식자로부터 숨어 있을 공간을 제공해 주며, 셋째 개체의 형태구조가 복잡함으로 인해 표면부착생물의 착생율을 증가시켜 생물종의 다양성 증대 및 이를 먹이로 삼는 어류의 생물량 증대를 유도한다.

바다목장을 위한 해중립 조성은 통영해역에서 수년 간 실시되었고, 이를 통해 많은 자료들이 확보되어 이 자료들의 많은 부분이 전남 다도해형 바다목장해역에 적용될 수 있을 것으로 기대한다. 그러나 우선적으로 통영해역과 전남 다도해형 바다목장해역 간에는 환경특성이 다르고, 이로 인해 생태계의 구조가 다르다. 해조군집 역시 많은 차이가 있다. 통영의 경우에는 여러 종류의 대형 갈조류가 조하대에서 우점하나, 전남 다도해형 바다목장해역에서는 그렇지 못하다. 그러므로 동 해역에서의 효율적인 해중립 조성사업을 위해서는 해조군집에 대한 광역조사가 반드시 실시되어야 하며, 이를 통해 얻어진 자료들은 대형 갈조류의 목록작성, 적지판정 및 최적배치도 작성 등에 이용되어야만 할 것이다.

1단계 2차년도에 속하는 금년도에는 (1) 해조군집 광역조사, (2) 대상종 조사, (3) 적지 선정 기초조사, 그리고 (4) 종묘생산에 관한 기술을 주요 연구내용으로 삼았고, 특히 대상해역에 대한 해조군집의 광역조사를 통해 해중립 조성의 대상종이 될 수 있는 대형 갈조류의 inventory 작성에 주력하였다. 또한 해조류의 분포에 미칠 수 있는 여러 가지 무생물학적 환경요인(광량, 기질의 configuration, 탁도, 영양염 등)을 분석하고 조사된 해조군집특성과 연관하여 해석함으로써 이 해역에서 해중립 조성을 위한 적지선정의 기초 자료로 활용하고자 하였다.

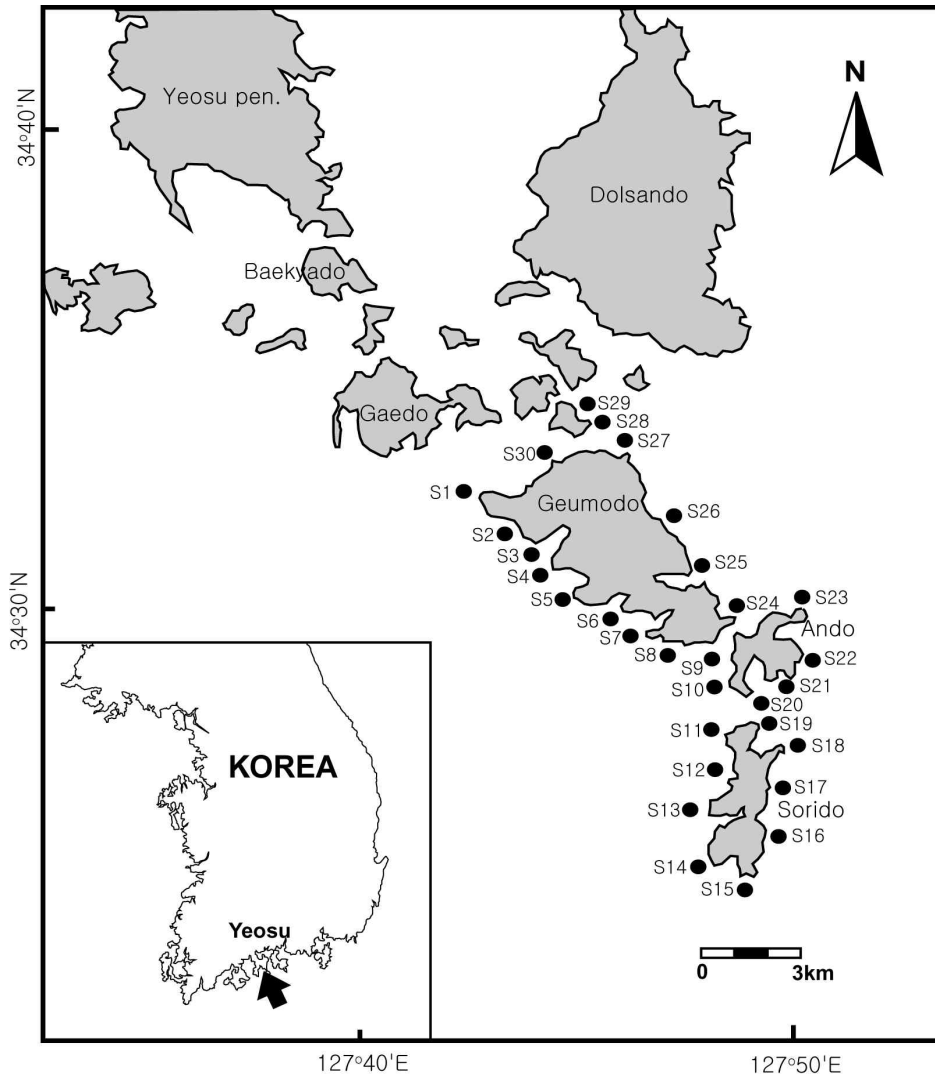


그림 3-1. 전남 다도해 바다목장 해역에서 해조군집 광역조사를 위한 조사지점.

2. 결과

가. 해조군집 광역조사

조사지점에서 조사된 해조류(crustose coralline algae 제외)는 녹조류 6종, 갈조류 10종, 그리고 홍조류 21종으로 총 37종이었다.

30개의 각 조사지점에서 조사된 각 종의 피도를 수심별로 평균하고, 수심별 자료를 pooling하여 평균을 구한 결과는 표 3-1과 같다. 이 값을 우점종을 나타내는 지표로 이용할 경우, 해당지역의 우점종은 *Gelidium amansi*, *Corallina pilulifera*, *Amphirca dilatata*, *Carpopeltis cornea* 등이다. 이들 해조류는 turf-forming algae로 해중립 조성을 위해서는 부적절한 종이다. 해중립 조성에 적합한 대형 갈조류로는 *Ecklonia cava*, *Ecklonia stolonifera*, *Sargassum micracanthum*, *Sargassum piluliferum* 등이나, 이들의 피도는 대단히 낮다.

표 3-1. 전남 다도해 바다목장 해역 해조군집의 우점종

Species	Depth					AVG
	1 m	3 m	5 m	7 m	9 m	
<i>Gelidium amansii</i>	12.58	20.38	5.86	2.70	0.07	8.32
<i>Corallina pilulifera</i>	29.01	8.59	1.77	0.05	0.28	7.94
<i>Amphiroa dilatata</i>	0.44	8.74	13.18	5.50	2.07	5.99
<i>Carpopeltis cornea</i>	6.89	10.90	8.03	1.05		5.37
<i>Gracilaria textorii</i>		1.70	6.03	3.97	1.38	2.62
<i>Sargassum sagamianum</i>	9.98	2.68				2.53
<i>Ulva pertusa</i>	5.93	2.35	1.23			1.90
<i>Uncaria pinnatifida</i>	4.36	2.73	0.02			1.42
<i>Pachymeniopsis lanceolata</i>	4.01	2.04	0.50			1.31
<i>Dictyopteris prolifera</i>	2.95	1.72				0.93
<i>Chondrus crispus</i>	2.69	1.00	0.43	0.02		0.83
<i>Sargassum piluliferum</i>		0.02	0.87	2.33	0.67	0.78
<i>Gigartina tenella</i>	2.94	0.49	0.03			0.69
<i>Sargassum micracanthum</i>	0.05	2.33	0.66			0.61
<i>Pterocladia capillacea</i>	1.98	0.51	0.08			0.51
<i>Ulva japonica</i>		0.80	0.75	0.28	0.05	0.38
<i>Rhodomenia intricata</i>		1.28	0.33	0.05		0.33
<i>Acrosorium flabellatum</i>	0.56	0.72				0.26
<i>Dictyota dichotoma</i>	0.45	0.61	0.05			0.22
<i>Ecklonia stolonifera</i>		1.10				0.22
<i>Plocamium telfairiae</i>		0.71	0.28	0.02		0.20
<i>Amphiroa</i> sp.			0.22	0.12	0.30	0.13
<i>Ecklonia cava</i>		0.03	0.27	0.25	0.02	0.11
<i>Amphiroa beauvoisii</i>		0.08	0.47			0.11
<i>Carpopeltis crispata</i>	0.49					0.10
<i>Polysiphonia</i> sp.			0.37	0.08		0.09
<i>Grateloupia turuturu</i>		0.25	0.10	0.07		0.08
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>		0.25				0.05
<i>Cladophora</i> sp.	0.02		0.18			0.04
<i>Lomentaria catenata</i>	0.12					0.02
<i>Codium adhaerens</i>			0.07		0.03	0.02
<i>Codium fragile</i>	0.02	0.05	0.03			0.02
<i>Sargassum ringoldianum</i>		0.08				0.02
<i>Hypnea charoides</i>	0.08					0.02
<i>Callophyllis adnata</i>				0.05	0.02	0.01
<i>Codium divaricatum</i>		0.03				0.01
<i>Padina arborescens</i>		0.02				0.00

30개의 각 조사지점에서 조사된 수심별 피도와 출현종수를 평균한 결과는 그림 3-2와 같다. 피도는 수심 1m에서 가장 높았고, 수심이 깊어질수록 지속적으로 감소하였다. 출현종의 수 또한 수심이 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 종수는 6~15종, 피도는 21.4~82.7%, 그리고 수직분포 범위는 3~9m으로 지점 간에 변이가 매우 컸다. nMDS 역시 이들 조사지점이 유사도가 매우 큼으로 인해 한 무리로 묶여 있음을 보여주고, 다른 지점과는 다소간의 거리가 존재함을 보여주고 있다. 이렇듯 조사지점간의 차이는 각 지점을 둘러싼 환경의 차이에 의한 것으로 볼 수 있다.

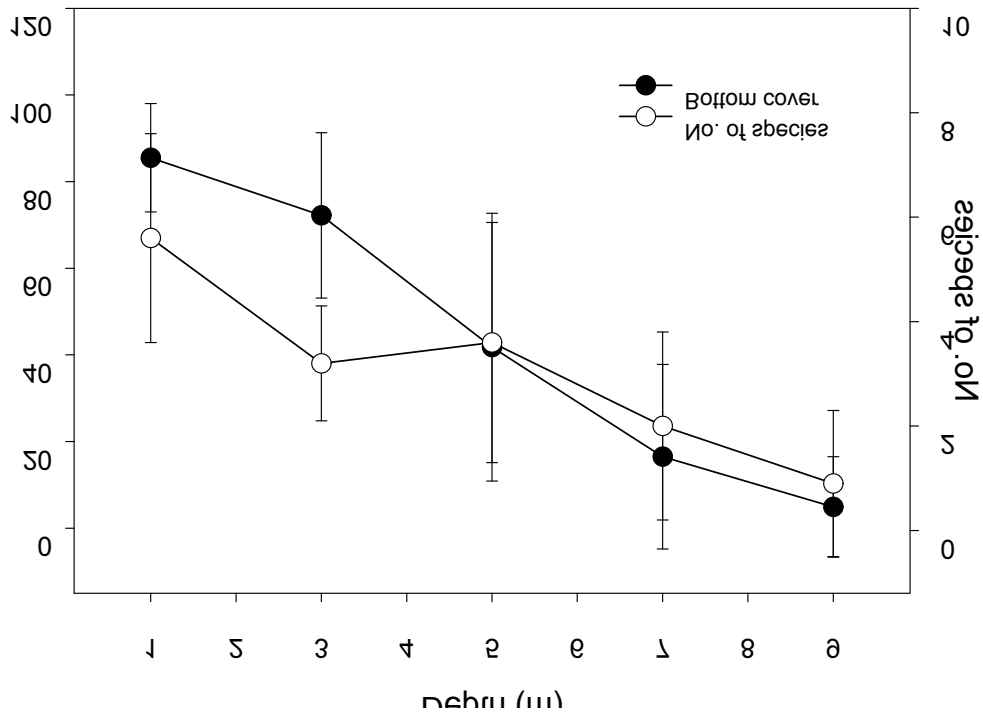


그림 3-2. 전남 다도해 바다목장 해역 해조군집의 풍도 및 출현종수의 수직변화.

나. 대상종 선정

전남 다도해 목장에서 분포하는 여러 종류의 해조류 중에서 해중립을 조성할 수 있을 크기의 해조류는 미역(*Undaria pinnatifida*), 구슬모자반(*Sargassum piluliferum*), 잔가시모자반(*Sargassum micracanthum*), 곰피(*Ecklonia stolonifera*), 감태(*Ecklonia cava*), 큰잎모자반(*Sargassum ringgoldianum*), 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*), 그리고 팽생이모자반(*Sargassum horneri*) 8종이었다.

다. 적지선정 기초조사

(1) 무생물학적 환경요인

조사된 수온, 염분, 총질소량, 부유물질, 소광계수 그리고 기질특성(해안에서 10m 떨어진 곳의 수심)은 조사지점간 많은 변이를 보였다.

특히 금오도, 안도, 소리도로 이어지는 다도해 바다목장 해역의 서쪽 연안의 부유물질, 소광계수 그리고 수심은 동쪽 연안에 비해 높은 값을 보였고, 반면 수온 및 염분은 동쪽 연안에서 높은 값을 보였다. 이러한 차이는 황해 연안에서 기원되는 차고 염분도가 낮은 연안수와 남해 동쪽 연안에서 우세한 고염분의 대마난류 두 해류의 hydrodynamics에 의하기 때문이다.

(2) 무생물학적 환경과 해조군집특성과의 상관

금오도 동쪽 연안에서는 수온과 높은 양의 상관을 보이는 곳(수온이 높은 곳)이며 염분 또는 총질소량과도 다소 양의 상관을 갖는 곳(다소 높은 곳)이다. 또한 이 지점들은 부유물질이나 소광계수와는 높은 음의 상관(상대적으로 낮은 곳)을 가진다. 그렇지만 이들 지점에서의 해조류의 출현종수, 풍도, 수직분포범위는 보통의 수준에 해당한다(거의 상관을 갖지 않는다). 금오도, 안도, 소리도로 이어지는 다도해 목장해역의 서쪽 연안에서는 해조류의 출현종수, 풍도, 수직분포범위와 양의 상관(높은 값)을 가지며, 조사된 여러 무생물학적 환경요인 중 수심과 가장 높은 상관을 갖는다. 비록 도시된 두 개의 주성분(축 x, y)이 총 변이의 약 54% 밖에 설명할 수 없지만, 이 결과는 본 조사해역에서 해조류의 출현종수, 풍도, 수직분포범위를 지배하는 주요 요인이 수심이라는 것을 제시하고 있다.

(3) 주요 해조류의 보상광도

미역(*Undaria pinnatifida*)의 경우에는 $0.15 \sim 0.49 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 곰피(*Ecklonia stolonifera*)는 $1.48 \sim 23.86 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 외톨개모자반(*Myagropsis myagroides*)은 $11.22 \sim 42.06 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 그리고 팽생이모자반은 $2.28 \sim 9.28 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 의 범위로 나타났다.

(4) 해역의 광량분포특성

각 수심별로 도달할 수 있는 광량은 조사지점에 따라 많은 차이가 있으며, 수심 5m에 도달하는 양은 $0.45 \sim 77.55 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 수심 7m에서는 $0.02 \sim 21.13 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$, 그리고 수심 9m에서는 $10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 이내이다.

(5) 해조류가 부착할 수 있는 암반의 공간분포

해조군집 광역조사에서 나타난 각 지점별 해조류의 분포 하한과 주요 대형 갈조류의 보상광도 및 해역의 광량분포 특성으로 개략적으로 추정된 해조류가 부착할 수 있는 암반의 공간분포는 바다목장 해역을 따라 수심 약 7m 이내라 추측되며, 그 면적은 30개 지점에서 조사된 기질의 경사도를 고려하여 추정될 수 있다(참조: 각 지점에서 수심은 일률적으로 해안에서 10m 벗어난 곳에서 측정되었음).

라. 종묘생산기술연구

2003년 10월에 성숙한 곰피 포자엽으로부터 얻은 포자를 $30.0 \pm 6.3 \text{ cells mm}^{-2}$ 로 접종하여 $10 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 에서 수온 4단계(5, 10, 15, 20°C)에서 발아율을 조사하였다. 발아율은 접종 3일후 조사되었다. 발아율은 수온 간 뚜렷한 차이가 있으며(One-way ANOVA: $P < 0.001$), 수온 5°C에서의 발아율은 10, 15, 20°C에 비해 유의하게 낮았다(Turkey

multiple comparison)

2003년 10월에 성숙한 곰피 포자엽으로부터 얻은 포자를 $30.0 \pm 6.3 \text{ cells mm}^{-2}$ 로 접종하여 수온 15°C 에서 광량 4단계(5, 10, 20, $40 \mu\text{E} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{S}^{-1}$)에서 발아율을 조사하였다. 발아율은 접종 3일후 조사되었다. 발아율은 광량 간 뚜렷한 차이가 없었고(One-way ANOVA: $P > 0.05$), 2주간 배양하여 암배우체의 성장상태(세포수)를 관찰한 결과 암배우체의 세포수는 광량 간 뚜렷한 차이가 있으며(One-way ANOVA: $P < 0.001$), $5 \mu\text{M}$ 에서의 세포수가 가장 적었고, $40 \mu\text{M}$ 보다는 $10 \sim 20 \mu\text{M}$ 에서의 세포수가 많았다(Turkey multiple comparison).

제 2 절 인공어초 연구

1. 서론

바다목장이란 고도의 관리수단을 이용해 해조장 조성이나 인공어초 시설, 어패류의 방류 등을 통해 최적의 관리상태 하에서 생산량을 극대화시키는 이른바 환경 친화적이고 자원관리형 어업생산 방식이라 할 수 있다. 바다목장의 최종목표는 수 많은 어·패류와 해양생물이 공존하면서 증식을 지속해 나가는 복합형 배양관리 시스템을 구축하는 사업으로 이를 위해서는 대상 해양생물의 전 생활사를 통해 최적의 서식장소를 제공해 주어야 한다. 여기에 제공되는 한 방법으로 바다목장 해역에 적합한 인공어초의 개발과 배치 기술 개발은 바다목장 사업의 중요 구성요소의 하나이다. 인공어초에 의한 어장조성 효과에 관해서는 많은 연구자들에 의해 오래 전부터 연구(小川, 1968; 川名, 1959; 柿元, 1966)되어 왔으며, 우리나라에서는 1976년 전남 여수시에 시설된 사각어초 어장에서 어획효과 조사를 시작한 이래 이후 지속적인 어초어장의 생산효과에 대한 연구(국립수산과학원; 1992, 1995)가 진행되어 왔다. 최근에 들어서는 인공어초 시설어장의 생산효과를 입증하기 위한 연구보다는 인공어초 어장의 생산성 증대를 목적으로 소재 다양화(세라믹, 슬래그, 강제 등)와 목적하는 대상 어종의 생태적 특성을 고려한 인공어초 개발에 연구역량을 집중하고 있다. 따라서 본 연구는 전남 다도해형 바다목장 조성 해역내에 기 투하된 인공어초 어장의 생태적 특성을 구명하여 바다목장 조성을 위한 인공어초 모형개발에 주안점을 두었다.

2. 결과

가. 어초 종류별 서식생물상

(1) 강제어초

강제어초 해역의 수심은 소조시 20m 정도이며, 어초 하단부와 상단부의 높이가 각각

4m로 전체 8m 높이의 어초로서 수중에서 어초상부의 가시거리는 0.5~1m 정도이었으나 어초바닥은 전혀 사물을 구별할 수가 없었다. 어초표면에는 약 5mm 두께의 니질이 쌓여 있고, 생물체가 부착하지 않은 곳에는 산화되어 적갈색을 나타내고 있었다. 어초 하단부는 빨속 약 100cm 깊이에 침하되어 있었다.

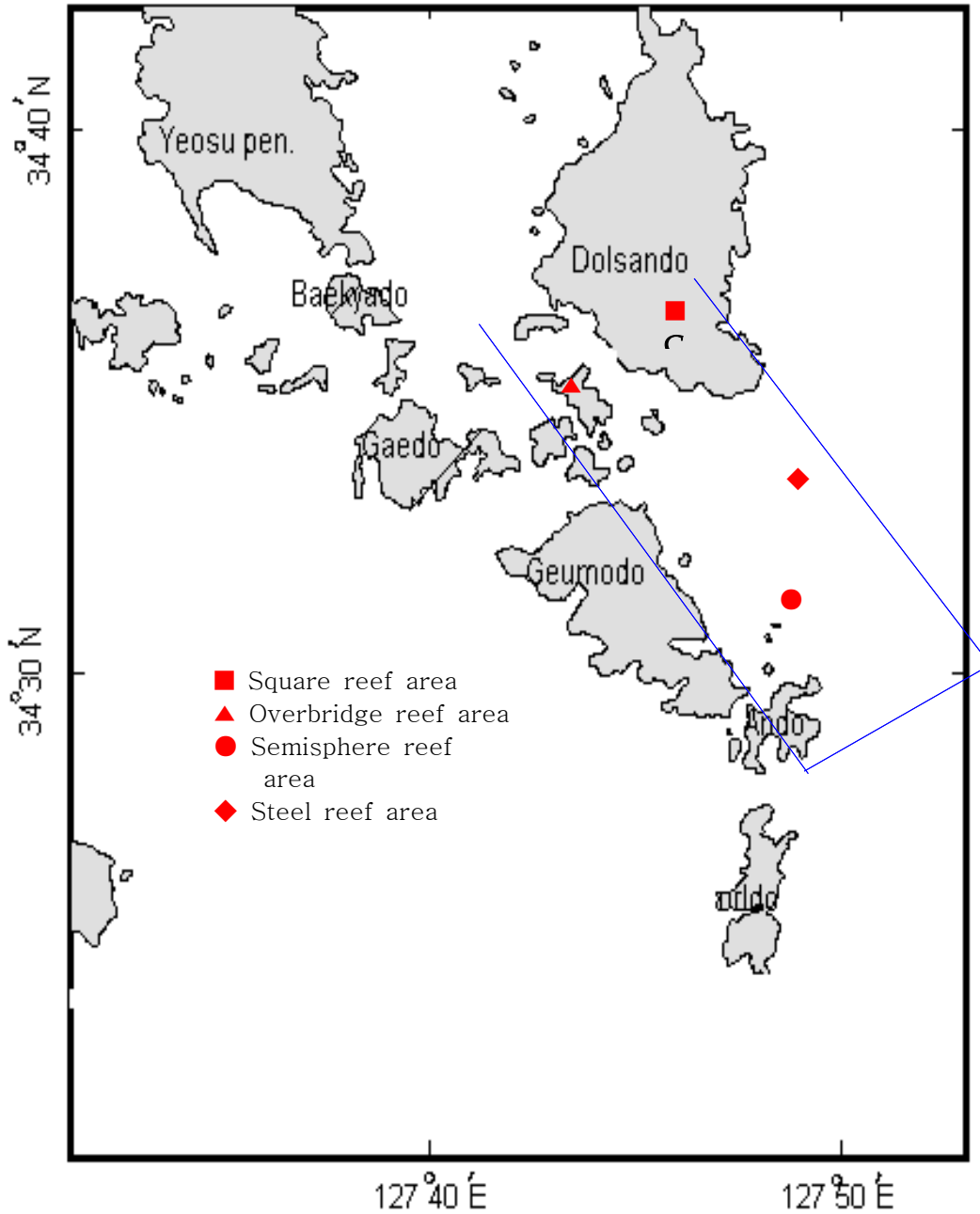


그림 3-3. 인공어초어장 조사위치도.

어류의 출현종은 총 23종으로, 하계와 추계가 각각 14종과 15종으로 비슷한 반면 동계는 4종으로 매우 적게 나타났다. 하계에는 불락, 황점불락, 미역치, 줄도화돔, 전갱이 등이 200마리 이상 군집을 형성하여 어초주위에 위집하였으며, 고급어종인 참돔, 돌돔, 감성돔, 농어 등도 관찰되어 어초로서 그 기능이 높다고 할 수 있었다. 추계에는 하계에 출현하지 않았던 물메기, 달강어, 양태 등이 출현하여 어종의 다양성을 보여주었으나, 동계에는 4종만이 출현하여 계절별 차이가 크게 나타났다. 3계절 모두 출현한 종은 조피불락으로 20~30cm 크기의 5~10마리가 지속해서 관찰되었다. 돔류는 체장이 20~25cm이었으며, 동계에 출현하지 않은 것은 여수해역의 수온이 낮기 때문에 다른 곳으로 이동한 것으로 추정된다. 제주도과 전남 거문도 해역에서 주로 서식하는 자리돔이 추계에 어초주변에 위집한 것은 특이하였다(표 3-2).

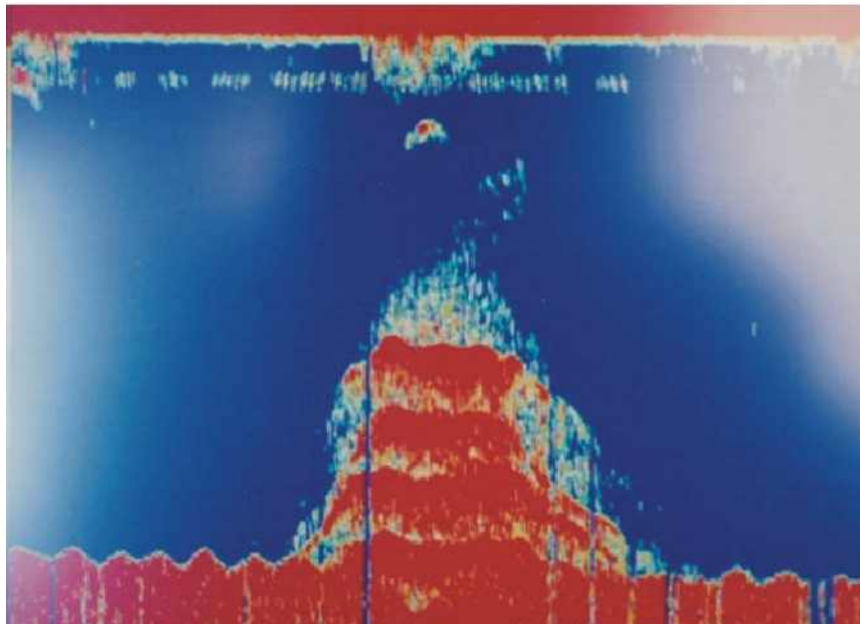


그림 3-4. 어군탐지기에 나타난 강제어초의 형태.

강제어초 전면적의 70% 이상 저서동물이 부착하고 있었으며, 출현종은 환형동물 1종, 해면동물 1종, 척삭동물 5종, 절지동물 8종, 극피동물 8종, 연체동물 8종으로 모두 31종이 분류·동정되었지만 것은 시료채집 정점에 기인한 것으로 사료된다(표 3-3).

이동성 동물로서는 별불가사리, 우치다불가사리, 아무르불가사리 등이 우점종으로 나타나고 있었고, 말뚝성게도 1m 간격으로 관찰되었다. 고착성 동물로서는 릿테르게명게, 우렁쟁이, 미더덕, 두드럭고둥, 진주담치, 장미산호, 백색의 해면동물이 우점종으로 서식하고 있었으며, 어초바닥 주변에는 피뿔고둥, 말뚝성게, 별불가사리가 관찰되었다. 계절별 생물량은 하계에 3,466.5g/m²으로 가장 많았으며, 추계와 동계는 비슷하게 나타났다.

표 3-2. 강제어초 시설해역의 계절별 어류의 출현종 수

종 명	학 명	계 절		
		하계 (체장, cm)	추계 (체장, cm)	동계 (체장, cm)
불 락	<i>Sebastes inermis</i>	250 (15-20)	35 (15-20)	
황 점 불 락	<i>Sebastes oblongus</i>	250 (15-20)		
미 역 치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	250 (5-7)		5 (5-7)
자 리 돔	<i>Chromis notatus</i>		25 (10-15)	
참 돔	<i>Pagrus major</i>	3 (20-25)	1 (50)	
능 성 어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	30 (20-30)	1 (25)	
돌 돔	<i>Oplegnathus fasciatus</i>	18 (20-25)	9 (20-23)	
줄 도 화 돔	<i>Apogon semilineatus</i>	290 (5-7)	150 (5-7)	
말 쥐 치	<i>Navodon modestus</i>	10 (20-25)	10 (20)	
전 갯 이	<i>Trachurus japonicus</i>	200 (10-15)		
조 피 불 락	<i>Sebastes schlegeli</i>	10 (25-30)	5 (20-25)	6 (30-40)
쥐 치	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	4 (10-15)	15 (10)	
농 어	<i>Lateolabrax japonicus</i>	4 (25)		
감 성 돔	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>	5 (20-25)		
인 상 어	<i>Neoditrema ransonneti</i>	55 (15-20)		
물 메 기	<i>Liparis tessellatus</i>		6 (30-40)	
달 장 어	<i>Lepidotrigla microptera</i>		5 (25-35)	
군 평 선 이	<i>Hapalogeny mucronatus</i>		1 (25)	
넙 치	<i>Paralichthys oliaceus</i>		1 (35)	
양 태	<i>Platycephalus indicus</i>		6 (25-40)	
쭈 기 미	<i>Inimicus japonicus</i>		1 (15)	
문치가자미	<i>Limanda yokohamae</i>			2 (25-30)
노 래 미	<i>Agrammus agrammus</i>			2 (15-20)
출 현 종 수		14	15	4

* ()은 어류의 체장

표 3-3. 강제어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량(단위: g/m²)

분류군	종명	계절		
		하계	추계	동계
연체동물	<i>Modiolus agripetus</i> (털담치류)			8.5
	<i>Mytilus edulis</i> (진주담치)	25.5		75.0
	<i>Rapana venosa</i> (괴뿔고둥)	105.7		198.9
	<i>Ceratosomaournieri</i> (세뿔고둥)	3.8		
	<i>Reishia luteostoma</i> (고둥류)			40.9
	<i>Reishia bronni</i> (두드럭고둥)		16.6	
	<i>Pinctada fucata</i> (진주조개)		38.8	
	Columbellidae unid. (무릅류)	1.3		
극피동물	<i>Asterina pectinifera</i> (별불가사리)		61.6	121.2
	<i>Solaster uchidai</i> (우치다햇님불가사리)			301.3
	<i>Aphelasterias japonica</i> (아펠불가사리)			10.0
	<i>Asterias amurensis</i> (아무르불가사리)	47.4	37.5	34.2
	<i>Ophiothrix exigua</i> (짧은가시거미불가사리)			1.5
	<i>Ophioplocus Japonicus</i> (왜곱슬거미불가사리)	1.0		
	<i>Tennopeurus hardwicki</i> (하드윅분지성게)			15.5
	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (말뚝성게)	9.7		
절지동물	<i>Pisidia serratifrons</i>			2.5
	<i>Pilumnus tomentosus</i>			10.6
	<i>Pugettia nipponensis</i> (물맞이게류)			4.6
	<i>Oratosquilla oratoria</i> (갯가재)	45.1		
	Barnacle unid. (따개비류)	186.0		
	<i>Cancer japonicus</i> (은행게)	4.8		
	<i>Scyra compressipes</i> Stimpson (납작빨게)	10.8		
	<i>Pachycheles stevensii</i> Stimpson (게붙이)	9.5		
척삭동물	Ascidacea unid. sp.			45.4
	<i>Stylea clava</i> (미더덕)	95.4		19.4
	<i>Halocynthia roretzi</i> (우렁쟁이)	92.4	20.4	54.4
	<i>Pyura</i> sp.			221.1
	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> (릿테르게명게)	2,506.7	887.6	92.6
해면동물	Sponge unid. (해면류)	320.0	35.1	
환형동물	Polychaeta unid. (갯지렁이류)	1.44		
합계 (출현종수)		3,466.5 (17종)	1,097.6 (7종)	1,257.6 (18종)

(2) 육교형어초

어초투하 해역의 수심은 12m, 가시거리는 1m 이상 되었으며, 어초는 2개 또는 3개씩 5~10m 간격으로 배열되어 투하된 어초 수에 비하여 비교적 넓은 면적을 차지하고 있었다(그림 3-5).

이동성 동물로서는 별불가사리, 우치다불가사리, 아무르불가사리 등이 우점종으로 나타나고 있었고, 말뚝성게도 1m 간격으로 관찰되었다. 고착성 동물로서는 릿테르게명게, 우렁쟁이, 미더덕, 두드럭고둥, 진주담치, 장미산호, 백색의 해면동물이 우점종으로 서식하

고 있었으며, 어초바닥 주변에는 피빨고둥, 말뚝성게, 별불가사리가 관찰되었다. 계절별 생물량은 하계에 3,466.5g/m²으로 가장 많았으며, 추계와 동계는 비슷하게 나타났다.

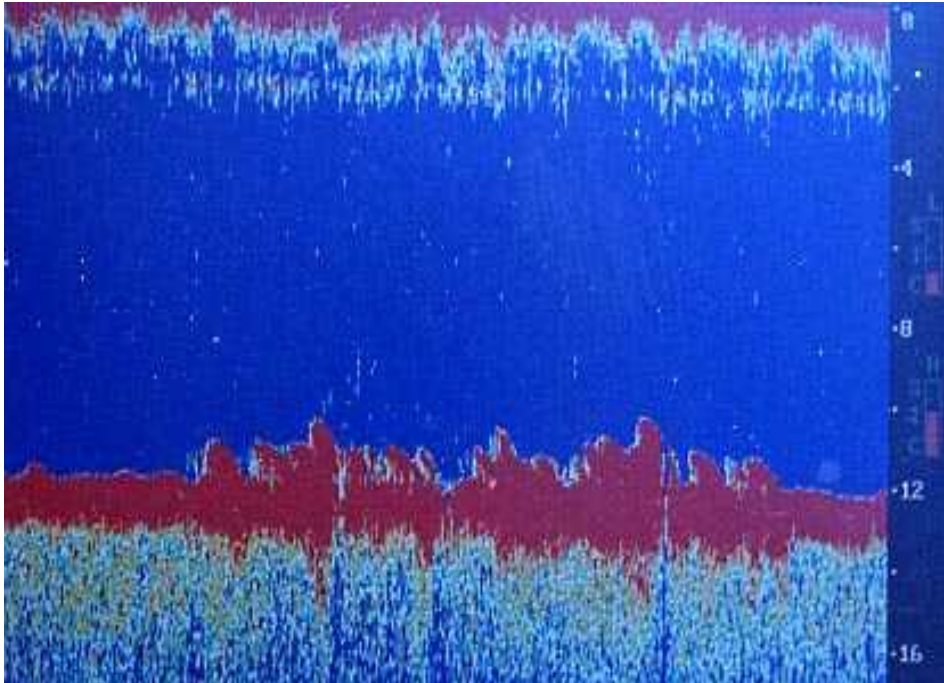


그림 3-5. 어군탐지기에 나타난 육교형어초의 형태.

육교형어초에 착생한 저서동물은 자포동물 2종, 환형동물 1종, 척삭동물 3종, 절지동물 6종, 극피동물 7종, 연체동물 11종으로 모두 31종이 출현하였다(표 3-5). 하계에 21종으로 가장 많이 출현하였으며, 추계와 동계에는 각각 5종과 14종이 출현하였다. 어초표면의 이동성 저서동물은 짧은가시거미불가사리, 별불가사리, 아무르불가사리가 우점종으로 출현하고 있었으며, 동계에는 보라성게가 어초당 1~2마리 정도 서식하고 있었고, 피빨고둥과 해삼이 각각 1마리씩 관찰되었다.

고착성 동물은 릿테르게멍게가 3~8마리/m² 이상 서식하여 산업적으로 중요성을 가지고 있었으며, 우렁쉥이도 1~3마리/m² 이상 관찰되어 멍게류가 서식하기에 좋은 환경이라고 사료되었다. 어초주변에서 토굴이 하계와 추계에 걸쳐 많이 채집되었으며, 진주담치도 드물게 관찰되었으며, 나머지 어초표면에는 작은 따개비류가 착생하여 군집을 이루고 있었다. 어초바닥 주위에는 반지락 패각들이 대량으로 쌓여있었으며, 이것은 조류에 의해 운반해온 것으로 추정되었다. 계절별 생물량은 추계에 8,619.8g/m²으로 하계와 동계에 비해 각각 2배와 3배 정도 많은 양이었으며, 추계의 멍게류가 대량으로 채집된 결과였다.

표 3-4. 육교형어초 시설해역의 계절별 어류의 출현종 수

종 명	학 명	계 절		
		하 계 (체장, cm)	추 계 (체장, cm)	동 계 (체장, cm)
용 치 늘 래 기	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	15 (15-20)		
불 락	<i>Sebastes inermis</i>	40 (15-20)	20 (15-20)	
미 역 치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	2 (5-7)		
참 돔	<i>Pagrus major</i>	3 (10-15)		
능 성 어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	2 (15-20)		
돌 돔	<i>Oplegnathus fasciatus</i>		7 (20-25)	
줄 도 화 돔	<i>Apogon semilineatus</i>	125 (3-7)		
붉 바 리	<i>Epinephelus akaara</i>	1 (25)		
말 쥐 치	<i>Navodon modestus</i>	8 (15-20)		
노 래 미	<i>Agrammus agrammus</i>	2 (25-30)		2 (25-30)
조 피 불 락	<i>Sebastes schlegeli</i>	1 (20)		
쥐 치	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	3 (10-15)		
감 성 돔	<i>Acanthopagrus schlegelii</i>		3 (20-25)	
인 상 어	<i>Neoditrema ransonneti</i>	4 (7-10)		
출 현 종 수		12	3	1

* ()은 어류의 체장

표 3-5. 육교형어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량(단위: g/m²)

분 류 군	종 명	계 절		
		하 계	추 계	동 계
연 체 동 물	<i>Modiolus agripetus</i> (털담치류)	0.2		0.1
	<i>Mytilus edulis</i> (진주담치)			0.01
	<i>Ceratosomaournieri</i> (세뿔고둥)	16.7		
	<i>Murex siratus</i> (날개뿔고둥)	13.5		
	<i>Ergalatax contractus</i> (탐뿔고둥)	3.7		
	<i>Colliostoma unicum</i> (방석고둥)	5.3		
	<i>Omphalius pfeifferi carpenteri</i> (팽이고둥)	1.8		
	Montfortula unid.(삿갓조개류)	17.7		
	<i>Ostrea denselamellosa</i> (토굴)	816.7	634.5	
	Columbellidae unid. (무릅류)	1.4		
	<i>Liolophura japonica</i> (군부)	1.8		
극 피 동 물	<i>Asterina pectinifera</i> (별불가사리)	172.0	184.2	30.9
	<i>Asterias amurensis</i> (아무르불가사리)		41.3	
	<i>Ophiothrix exigua</i> (짧은가시거미불가사리)	1.6		2.5
	<i>Strongylocentrotus nudus</i> (둥근성게)			0.6
	<i>Comanthus sp.</i> (갯고사리류)			20.7
	<i>Hemicentrotus pulcherrimus</i> (말뚝성게)	3.0		
	<i>Anthocidaris crassispina</i> (보라성게)			1.0
<i>Stichopus japonicus</i> (돌기해삼)			83.5	
절 지 동 물	<i>Pisidia serratifrons</i>			4.2
	<i>Pilumnus tomentosus</i>			8.6
	<i>Pugettia nipponensis</i> (물맞이게류)			1.2
	Barnacle unid. (따개비류)	1,071.0		
	<i>Cancer japonicus</i> (은행게)	4.0		
	<i>Scyra compressipes</i> Stimpson (납작뿔게)	1.9		
척 색 동 물	<i>Halocynthia roretzi</i> (우렁쟁이)	826.5	2,630.4	565.9
	<i>Pyura sp.</i>			310.9
	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> (릿테르게명게)	1,950.6	5,129.4	1,275.7
환 형 동 물	Polychaeta unid. (갯지렁이류)	5.8		
자 포 동 물	Hydrozoa unid. (히드라류)	47.5		
	Coralline algae (석회조류)	3.2		
합 계 (출현종수)		4,965.9 (21종)	8,619.8 (5종)	2,305.8 (14종)

(3) 반구형어초

어초투여 해역은 소리도 조간대와 인접하여 수심이 8~14m로 경사져 있으며, 일부 어초는 겹쳐지거나 또는 뒤집어져 있었으나 대부분이 정상적으로 배열되어 있었다(그림 3-6). 가지거리는 3m 이상으로 인공어초 효과조사 해역 가운데 가장 양호한 곳이었다. 어초표면에는 따개비류가 부착하여 매우 거칠고, 무절산호조류가 착생하여 적갈색을 나타내는 어초가 많았다. 반구형어초는 해조장을 조성하기 위한 것이지만 해중림을 조성하는 해조류는 관찰되지 않았다. 어초에 따라서는 니질이 3mm 이상 침적되어 해조류 성장을 어렵게 만들고 있었다.

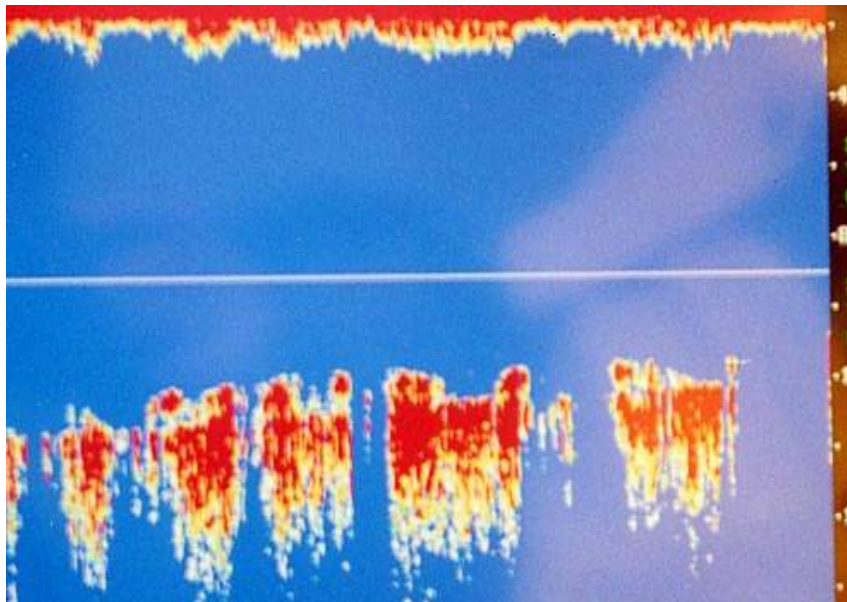


그림 3-6. 어군탐지기에 나타난 반구형어초의 형태.

어류의 출현종은 총 14종으로 하계에 모든 종이 출현하였으며, 추계와 동계에 각각 3종과 1종으로 나타나 급감하였다(표 3-6). 출현종 가운데 볼락, 미역치, 자리돔, 줄도화돔 등은 50마리 이상 군집을 이루고 있었고, 볼락과 자리돔은 추계에도 계속 관찰되었다. 하계에 용치놀래기와 인상어가 25마리 이상 위집효과를 나타낸 것도 특이하였다. 그러나 계절별 출현종수의 변화가 심하고 그 양도 매우 적어서 계절에 따라 이동하는 개체군이 많은 것 같다.

어초에 착생한 저서동물은 척색동물 4종, 절지동물 7종, 극피동물 6종, 연체동물 9종으로 모두 26종이 분류되었다. 계절별로는 동계에 18종으로 가장 많이 출현하였고, 하계와 추계에 각각 9종과 5종이 나타났다(표 3-7). 어초표면에는 별불가사리와 아무르불가사리가 어초당 4~12마리 정도 서식하여 해적생물로서의 심각성을 말해주고 있었으며, 두드러고

동 또는 작은 피빨고등 패각속에 살고있는 얼룩참집게들이 어초상부에 30~50개체/m² 정도 모여서 군집을 이루고 있었다.

표 3-6. 반구형어초 시설해역의 계절별 어류 출현종 수

종 명	학 명	계 절		
		하 계 (체장, cm)	추 계 (체장, cm)	동 계 (체장, cm)
용 치 늘 래 기	<i>Halichoeres poecilopterus</i>	28 (15-20)	5 (15-20)	
고 생 늘 래 기	<i>Thalassma cupido</i>	1 (15)		
불 락	<i>Sebastes inermis</i>	90 (15-25)	250 (15-25)	2 (15-25)
미 역 치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	55 (5-7)		
자 리 돔	<i>Chromis notatus</i>	90 (5-15)	250 (5-15)	
참 돔	<i>Pagrus major</i>	4 (20-25)		
능 성 어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	2 (20-25)		
줄 도 화 돔	<i>Apogon semilineatus</i>	150 (5-7)		
붉 바 리	<i>Epinephelus akaara</i>	1 (20)		
말 쥐 치	<i>Navodon modestus</i>	1 (20)		
노 래 미	<i>Agrammus agrammus</i>	3 (15-20)		
조 피 볼 락	<i>Sebastes schlegeli</i>	1 (25)		
쥐 치	<i>Stephanolepis cirrhifer</i>	6 (15-20)		
인 상 어	<i>Neoditrema ransonneti</i>	25 (10-15)		
출 현 종 수		14	3	1

* ()은 어류의 체장

어초내부에는 릿테르게명게와 미더덕이 혼생하여 우점종으로 서식하고 있었으며, 우렁 썩이는 어초당 2~4개체, 보라성게는 1~3마리 정도 관찰되었다. 그 외에 입빨고등, 세빨 고등 등 고등류가 관찰되었으며, 동계에는 해삼이 어초당 1~3마리 정도 서식하고 있었 고, 드물게 소라도 관찰되었다. 계절별 생물량은 하계와 동계가 각각 1,054.9g/m²과 1,041.3g/m²으로 비슷하였으나 추계에는 659.3g/m²으로 적게 나타났다.

표 3-7. 반구형어초 시설해역의 계절별 저성동물의 생물량(단위: g/m²)

분 류 군	종 명	계 절		
		하 계	추 계	동 계
연 체 동 물	<i>Ostrea circumpecta</i> (태생굴)			1.0
	<i>Crassostrea nipponica</i> (굴류)			0.09
	<i>Modiolus agripetus</i> (털담치류)			5.1
	<i>Septifer (Mytilisepta) kaenae</i> Nomura(격판담치)	1.6		
	<i>Ceratostoma burnetti</i> (입빨고둥)			203.5
	<i>Ceratostoma furnieri</i> (세빨고둥)		297.4	
	<i>Ergalatax contractus</i> (탐빨고둥)	7.0		
	<i>Batillus cornutus</i> (소라)			49.9
	<i>Reishia luteostoma</i> (고둥류)		118.3	
극 피 동 물	<i>Asterina pectinifera</i> (별불가사리)	231.5	144.1	83.6
	<i>Aphelasterias japonica</i> (아펠불가사리)			60.6
	<i>Asterias amurensis</i> (아무르불가사리)	75.3		
	<i>Ophiothrix exigua</i> (짧은가시거미불가사리)			0.2
	<i>Strongylocentrotus nudus</i> (둥근성게)			40.7
	<i>Stichopus japonicus</i> (돌기해삼)			142.3
절 지 동 물	<i>Pagurus cf. similis</i> (얼룩참집게)			186.7
	<i>Pisidia serratifrons</i>			0.2
	<i>Pilumnus tomentosus</i>			0.7
	<i>Pugettia nipponensis</i> (물맞이게류)			3.5
	Barnacle unid. (따개비류)	655.4		
	<i>Pachycheles stevensii</i> Stimpson (게붙이)	0.2		
	<i>Pisidia serratifrons</i> Stimpson (알통게붙이)	0.03		
척 색 동 물	<i>Stylea clava</i> (미더덕)	35.7	2.8	4.0
	<i>Halocynthia roretzi</i> (우렁쟁이)			50.9
	<i>Pyura</i> sp.			23.1
	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> (릿테르게멍게)	48.2	96.7	185.2
합 계 (출현종수)		1,054.9 (9종)	659.3 (5종)	1,041.3 (18종)

(4) 사각어초

어초투하 해역의 수심은 22~24m이었고, 가시거리는 제로상태였으며, 어초배열은 2~3단의 피라밋형태로 비교적 양호하게 놓여 있었다(그림 3-7). 어초표면에는 90% 이상 부착생물로 덮혀 있었고, 홍조류인 넓은흐늘풀(*Sciniaia latifrons*)이 어초 전체에 10~20cm 크기로 성장하고 있었으며, 참곱슬이(*Plocamium telfairiae*)도 어초마다 착생하고 있었다.

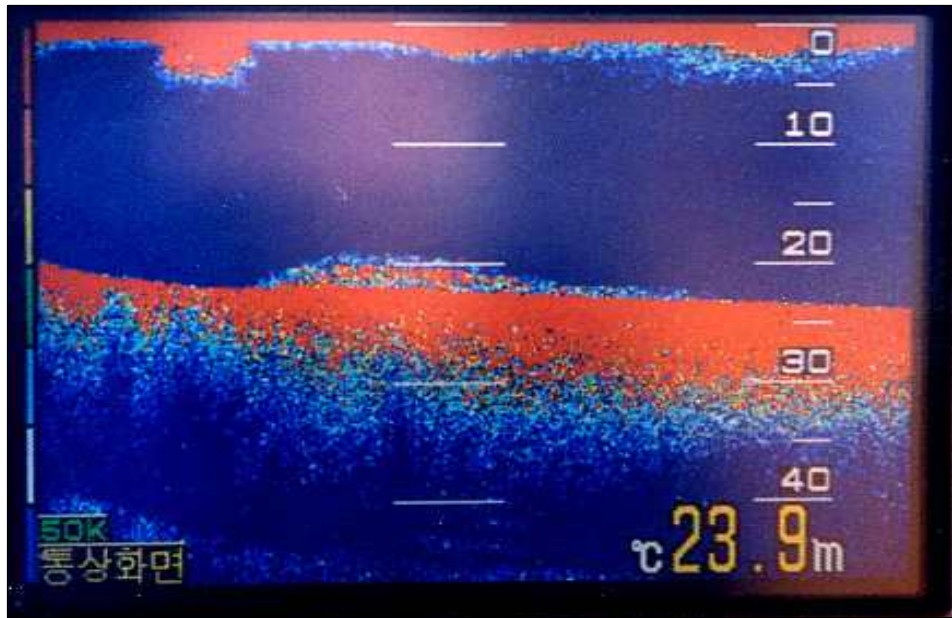


그림 3-7. 어군탐지기에 나타난 사각어초의 형태.

어류의 출현종은 8종으로 하계에 6종이었으며, 추계와 동계가 각각 2종으로 나타났다. 어초주위에 군집을 형성한 어류는 없었으며, 하계에 자리돔 6마리가 전부였다(표 3-8).

표 3-8. 사각어초 시설해역의 계절별 어류의 출현종 수

종 명	학 명	계 절		
		하 계 (체장, cm)	추 계 (체장, cm)	동 계 (체장, cm)
불 락	<i>Sebastes inermis</i>	1 (15)	1 (15)	
미 역 치	<i>Hypodytes rubripinnis</i>	3 (5-7)		
자 리 돔	<i>Chromis notatus</i>	6 (10-15)		
참 돔	<i>Pagrus major</i>	3 (15-25)		
능 성 어	<i>Epinephelus septemfasciatus</i>	1 (25)		
솜 빵 이	<i>Sebastiscus marmoratus</i>			1 (15-20)
노 래 미	<i>Agrammus agrammus</i>		3 (20-25)	1 (15-20)
조 피 불 락	<i>Sebastes schlegeli</i>	4 (30-40)		
출 현 종 수		6	2	2

어초에 착생한 저서동물은 척색동물 4종, 절지동물 4종, 극피동물 5종, 연체동물 5종으로 모두 18종이었으며, 추계와 동계에 각각 5종과 16종으로 나타났다(표 3-9). 추계에는 릿테르계멍게와 우렁쉥이가 우점종으로 나타났으며, 그 이외의 어초표면에는 대부분이 따개비류가 덮고 있었다. 동계에는 릿테르계멍게를 포함하여 우렁쉥이와 미더덕이 우점종으로 출현하고 있었다. 어초바닥에는 털담치류와 진주담치가 많이 서식하고 있었으며, 이를 포식하는 피빨고둥, 별불가사리, 아무르불가사리가 대량으로 관찰되었다. 계절별 생물량은 추계에 8,379.2g/m²이었으나 동계에는 1,036.0g/m²으로 그 차가 크게 나타났으며, 이는 채집정점에 따른 결과라고 사료된다.

표 3-9. 사각어초 시설해역의 계절별 저서동물의 생물량(단위: g/m²)

분류군	종명	계절		
		8	11	2
연체동물	<i>Ostrea circumpicta</i> (태생굴)			7.5
	<i>Modiolus agripetus</i> (털담치류)			276.9
	<i>Mytilus edulis</i> (진주담치)			132.7
	<i>Agriodesma navicula</i>			39.6
	<i>Ceratostoma burnetti</i> (입빨고둥)			2.3
극피동물	<i>Asterina pectinifera</i> (별불가사리)		21.8	
	<i>Aphelasterias japonica</i> (아펠불가사리)			60.2
	<i>Ophiothrix exigua</i> (짧은가시거미불가사리)			8.5
	<i>Cucumaria cf. chronhjelmi</i> (오각광삼)			56.8
	<i>Temnopleurus hardwicki</i> (하드윅분지성게)			1.3
절지동물	<i>Pagurus cf. similis</i> (얼룩참집게)			0.1
	<i>Pisidia serratifrons</i>			5.6
	<i>Pilumnus tomentosus</i>			9.7
	Barnacle unid. (따개비류)		3589.1	
척색동물	<i>Stylea clava</i> (미더덕)		9.1	23.9
	<i>Halocynthia roretzi</i> (우렁쉥이)		135.3	50.3
	<i>Pyura sp.</i>			51.6
	<i>Halocynthia hilgendorfi</i> (릿테르계멍게)		4623.9	309.0
	합계 (출현종수)		- (5종)	1,036.0 (16종)

이상의 결과로부터 인공어초 어장에서의 계절별 어류의 위집량은 표 3-10과 같다. 어초별 어류의 위집량은 강제어초에서 1,665마리로 가장 많았으며, 반구형어초, 육교형어초, 사각어초 순으로 나타났다. 계절별로는 하계의 위집량이 가장 많았고, 반구형어초는 오히려 추계가 많은 것으로 나타났다. 또한 강제어초의 추계 위집량 보다 반구형어초의 것이 많게 나타났으며, 이러한 결과는 반구형어초의 시설해역이 위도상 제일 남쪽에 위치한 데 기인한 것으로 보인다.

표 3-10. 어초별 · 계절별 어류의 위집량(출현수)

구 분		강제어초	육교형어초	반구형어초	사각어초
계 절	하 계	1379	206	457	18
	추 계	271	30	505	4
	동 계	15	2	2	2
합 계		1,665	238	964	24

인공어초 종류별 저서동물의 생물량은 육교형어초가 3회에 걸친 총량이 15,891.5g/3m²으로 가장 많았으며, 사각어초는 하계의 자료가 누락된 상태에서도 9,415.2g/2m²이었으며, 그 다음은 강제어초와 반구형어초 순으로 나타났다(표 3-11). 반구형어초의 저서동물 생물량이 적은 것은 어초표면에 작은 따개비류가 밀생하여 기인된 것으로 보인다.

표 3-11. 어초별 · 계절별 저서동물의 생물량(단위: gβm²)

구 분		강제어초	육교형어초	반구형어초	사각어초
계 절	하 계	3,466.5	4,965.9	1,054.9	-
	추 계	1,097.6	8,619.8	659.3	8,379.2
	동 계	1,257.6	2,305.8	1,041.3	1,036.0
합 계		5,821.7	15,891.5	2,755.5	9,415.2

나. 어초어장의 어획효과

삼중자망을 이용한 어획시험 결과 강제어초 시설해역에서의 어획량은 하계에 놓어 4마리에 불과하였으나, 비시설 해역에서는 도다리, 서대, 보구치 등 15마리가 어획되었으며, 자연초에서는 말쥐치, 볼락, 참돔, 쏨뱅이 등 7종 16마리가 어획되었다. 추계에는 강제어초 시설해역에서 조피볼락, 물메기 등 8종 25마리가 어획된 반면, 비시설 해역은 6마리, 자연초는 15마리가 어획됨으로 어초해역의 어획효과가 높은 것으로 나타났다. 동계에는 강제어초 시설해역에서 조피볼락, 문치가자미, 노래미 3종 8마리가 어획되었으나, 비시설 해역과 자연초에서는 각각 2마리와 6마리가 어획되었다. 3계절의 생물량은 강제어초 시설해역에서 15,796g이었으며, 비시설해역과 자연초에서 어획된 양은 각각 4,623g과 6,420g으로 강제어초 시설해역의 어획효과가 2~3배 높은 것으로 나타났다(표 3-12).

다. 자망의 망목크기별 어획량

전남 여수시 금오도 해역의 자연초에서 망목 선택성을 하계의 조사결과 표 3-13과 같았다. 자망의 망목별 어획량은 망목 69mm의 자망에서 15마리로 가장 많이 어획되었고,

표 3-12. 강제어초 시설해역과 비 시설해역의 삼중자망에 의한 어획량(단위: g)

종 명	하 계			추 계			동 계		
	시설	비시설	자연초	시설	비시설	자연초	시설	비시설	자연초
<i>Navodon modestus</i> (말쥐치)			3 (280)	4 (810)					
<i>Stephanolepis cirrhifer</i> (쥐치)			1 (105)			1 (140)			
<i>Trachurus japonicus</i> (진갱이)					4 (160)	1 (60)		1 (50)	
<i>Sebastes schlegeli</i> (조피볼락)				5 (1405)		1 (350)	4 (1746)		
<i>Sebastes inermis</i> (볼락)			2 (105)			1 (60)			
<i>Pagrus major</i> (참돔)			2 (330)						
<i>Lateolabrax japonicus</i> (농어)	4 (695)								
<i>Sillago sihama</i> (보리멸)			1 (70)			1 (50)			
<i>Sebastes marmoratus</i> (솜뱅이)			6 (665)						
<i>Liparis tessellatus</i> (물메기)				6 (8300)	2 (2700)				
<i>Lepidotrigla microptera</i> (달강어)				5 (555)		1 (90)			
<i>Haplogency mucronatus</i> (균평선이)				1 (120)					
<i>Paralichthys olivaceus</i> (넙치)				1 (400)					
<i>Platycephalus indicus</i> (양태)			1 (450)	2 (640)		2 (620)			
<i>Inimicus japonicus</i> (쭈기미)				1 (400)					
<i>Limanda yokohamae</i> (문치가자미)							2 (475)	1 (470)	3 (775)
<i>Pseudopleuronectes schrencki</i> (점가자미)						1 (130)			
<i>Pleuronichthys cornutus</i> (도다리)		2 (290)							2 (290)
<i>Agrammus agrammus</i> (노래미)							2 (250)		1 (650)
<i>Soleidae</i> sp. (서대)		4 (443)							
<i>Cynoglossus semilaevis</i> (참서대)						2 (260)			
<i>Argyrosomus argentanus</i> (보구치)		9 (510)				2 (60)			
<i>Inimicus japonicus</i> (쭈기미)						2 (880)			
합 계 (생물량)	4 (695)	15 (1,243)	16 (2,005)	25 (12,630)	6 (2,860)	15 (2,700)	8 (2,471)	2 (520)	6 (1,715)

어종 수는 57mm의 자망에서 6종이 어획되었다. 망목 크기 75mm와 51mm의 자망에서는 각각 10마리와 3마리가 어획되었으며, 망목 90mm 이상의 자망에서는 어획량이 전무하였

다. 가을철(추계) 가장 많이 어획된 자망은 망목 57mm이었으며, 어종 수 12종류에 55마리가 어획되었다. 그 다음은 69mm, 51mm, 75mm의 망목 순이었으며, 하계와 마찬가지로 망목 90mm 이상의 자망에서는 어획되지 않았다. 동계는 51mm의 망목에서 가장 많이 어획되었으며, 어종 수는 7종류에 25마리가 어획되었다. 그 다음은 90mm와 75mm로 각각 5마리와 4마리가 어획되었다. 하계와 추계에 많이 어획되었던 57mm와 69mm의 자망에서는 각각 2마리와 1마리밖에 어획되지 않았으며, 망목 120mm의 자망에서는 전혀 어획된 것이 없었다.

표 3-13. 자연초에서의 자망 망목 크기별 어획효과

계 절	망목 크기(mesh size)													
	51mm		57mm		69mm		75mm		90mm		105mm		120mm	
	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량	수 량	생물량
하 계	3	260	7	1065	15	2033	10	1785						
추 계	42	4905	55	8130	44	6050	22	2980						
동 계	25	2199	2	215	1	195	4	1655	5	809	1	100		
합 계	70	7,364	64	9,410	60	8,278	36	6,420	5	809	1	100		

이상의 결과에서 여수 바다목장 조성 예정지 주변에 서식하는 어류의 망목 선택성은 51mm 망목이 70마리로 가장 많았으나 전갱이, 달강어, 볼락 등 소형어류가 대부분을 차지하였다. 생물량에 의한 망목별 어획량은 57mm의 망목에서 출현수 64마리에 9,410g으로 가장 많았으며, 그 다음은 69mm의 자망에서 출현수 60마리에 8,278g이 어획되었다. 망목 75mm의 자망은 출현수와 생물량에서 큰 차가 발생하였으며, 망목 90mm 이상의 자망에서는 동계에만 적은 양이 어획되었다. 따라서 소형어류를 대상으로 어획시험을 실시할 경우에는 망목 51mm의 자망을 이용하는 것이 효과적이며, 전체 어류를 대상으로 효과조사를 실시할 경우에는 57mm와 69mm의 자망을 선택하여 사용하는 것이 바람직하다.

라. 인공어초 모델개발

(1) 개발어초

여수 바다목장화사업의 일환으로 계획된 새로운 형태의 인공어초 모델개발은 해역의 특성을 감안한 방향으로 계획되었다. 이번에 개발된 인공어초는 회유성어종과 정착성어종, 그리고 패류 및 명게류 등을 한꺼번에 위집할 수 있는 다목적강제어초와 외적으로부터 유치어를 보호할 수 있는 기능을 가진 점보강제어초이다. 이번에 개발된 이 두가지 어초의 가장 큰 특징은 남해안 및 서해안의 연약지반에 시설할 수 있도록 저판의 접지압분

포를 고려한 형태를 가지고 있는 것으로서 이러한 형태의 저판 기능을 가진 인공어초의 개발을 통하여 서·남해안의 연약지반에도 인공어초어장을 조성할 수 있으리라 생각된다. 또한, 어초의 재질이 강재로 이루어져 있어서 비교적 대형으로 제작되어 1ea의 시설로도 한 개의 어초군을 이룰 수 있어서 기존에 소형어초로서 어초군을 이루도록 시설될 때의 시설시의 문제점을 극복할 수 있을 것이며, 이러한 형태의 대형어초는 기존의 해양수산부의 인공어초 지침과도 잘 맞는 것이라 생각된다.

이와 같이 보다 적극적인 어초개발을 통하여 해역의 특성에 맞는 인공어초를 개발하는 것이 인공어초 어장을 보다 효율적으로 조성할 수 있을 것이다.

개발어초의 제원

	다목적강제어초	점보강제어초
중량	47ton	40ton
전용적	806m ³	555m ³
실용적	5.98m ³	5.03m ³
공용적	800m ³	550m ³
크기	12m×12m×9m	12m×12m×9m
형태	정팔각형	십자형

(2) 개발어초의 안정계산

	다목적강제어초	점보강제어초
중량(W)	47ton	40ton
차영면적(A)	66m ²	66m ²
실용적(V)	6m ³	5.1m ³

다목적강제어초와 점보강제어초가 시설된 해역은 수심 20m 내외의 비교적 평탄한 해역으로서 안정성 해역에 사용된 인자들은 그 해역에서 발생할 수 있는 최악의 조건을 가정하여 계산하였다.

제 3 절 소파제

1. 서론

소파제는 해역 보호를 위하여 파랑에너지를 소산시키는 구조물을 의미하는 것으로써,

일반적으로 방파제로 알려져 있다. 소파제는 크게 고정식 소파제(중력식 소파제) 와 부유식 소파제(이하 부소파제) 로 나누어진다. 고정식 소파제는 소파용 구조물이 해저면에 직접적으로 고정되어 있는 경우이며, 부소파제는 방파제 기능을 수행하는 구조물이 해수면 위에 떠 있는 경우를 의미한다.

그림 3-8에서는 부소파제의 전체적인 모양 및 구성을 보여주고 있다. 그림에서 볼 수 있듯이 부소파제는 소파기능을 담당하는 부체와 부체를 일정위치에 유지시키는 계류시스템으로 구성된다. 계류시스템은 다시 계류라인과 앵커로 구성된다.

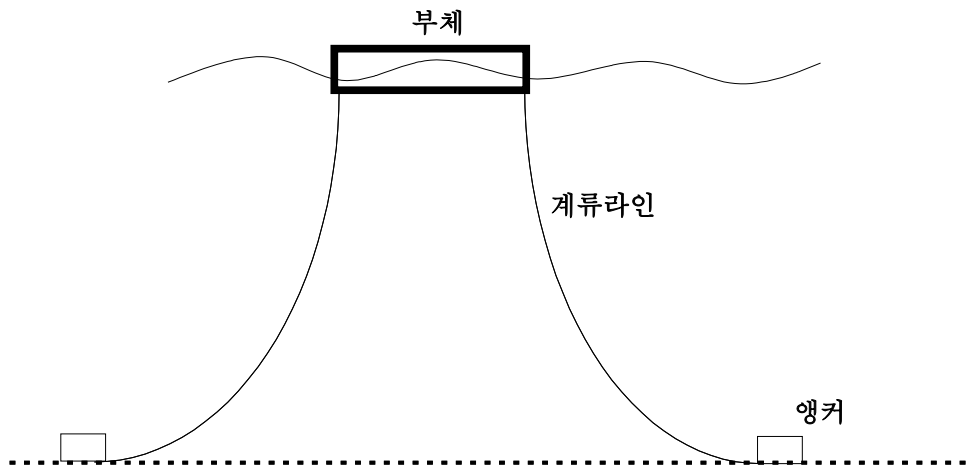


그림 3-8. 부소파제의 전형적인 형상 및 구성.

부소파제는 다양한 분야에서 활용될 수 있는데, 특히 양식장 보호, 어항 및 항만 보호, 그리고 해양공사간 파랑제어 등에 많이 이용되고 있다.

부소파제는 수심에 따른 경제비용면에서 본 장점 외에도 다음과 같은 다양한 장점을 가지고 있다. 그 첫째는 대수심 및 연약지반에 적용가능하다는 것이다. 수심이 깊어지면 고정식 소파제는 필요한 체적과 강도가 매우 증가하게 되는 반면에 부소파제는 계류라인의 길이만 증가하게 된다. 또한 해저지반이 연약지반일 경우에 고정식 소파제는 구조물의 침하문제 때문에 설치의 어려움이 있으나 부소파제는 지반의 영향을 받지 않는다. 둘째는 해수교환형으로써 친환경적이다. 고정식 소파제는 구조물 설치로 인하여 항내정온도는 유지할 수 있을지라도 구조물 배후에 해수 흐름이 자유롭지 못하기 때문에 소파제 항내의 해역이 수질이 악화될 가능성이 있으나, 부소파제는 부체 아래로 해수 유동이 자유롭기 때문에 구조물 설치 후에도 수질을 보존할 수 있는 장점이 있다. 셋째는 지진에 대한 피해가 적으며, 넷째는 고정식 소파제에 비하여 시공이 간단하다는 장점이 있다. 다섯째로 설명될 수 있는 부소파제의 장점은 이동이 가능하다는 것이다. 특정 목적을 위하여 부소파제의 위치를 이동해야 할 경우에는 계류라인만 분리시킨다면 이동이 가능하기 때문

에 매우 효율적이다. 이 외에도 부소파제를 이용한다면 소파제 외의 다양한 용도로 이용할 수 있다. 즉, 부소파제 자체를 양식장으로 활용하거나 혹은 관광목적의 낚시터로 이용될 수도 있다.

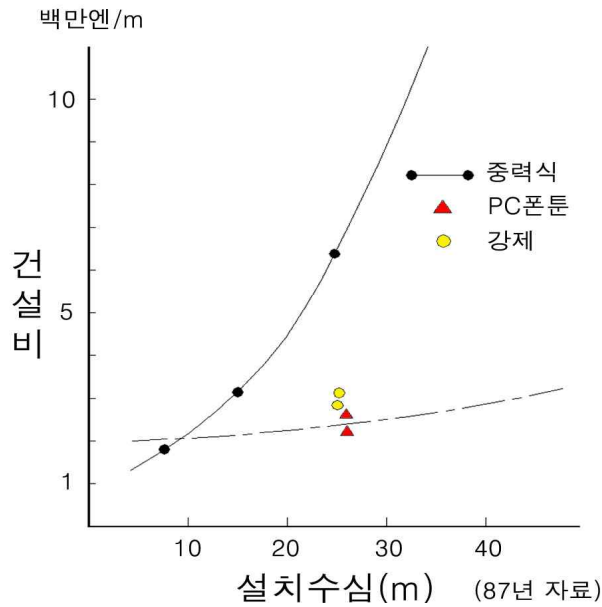


그림 3-9. 고정식 소파제와 부소파제의 수심에 따른 건설비 비교.

이상과 같이 언급한 부소파제의 특징을 종합해 볼 때, 특정 해역 혹은 수산 시설을 보호하기 위해서 부소파제를 적용한다면 해역정온도 유지와 함께 해수유동이 원활하게 유지될 수 있기 때문에 매우 효과적인 기능을 수행할 수 있을 것이다. 또한 부소파제 자체를 양식장 기능으로도 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

따라서, 본 연구에서는 바다목장을 건설하기 위한 해역을 조성하고, 양식장 기능으로도 활용할 수 있는 부소파제를 건설하기 위한 연구를 수행한다. 본 보고서는 1차년도 연구 내용으로써 부소파제의 전반적인 개념설계를 수행한다. 개념설계를 위해서 먼저 외국의 개발 사례를 조사하며, 개념설계된 부소파제의 특성을 파악하기 위해서 부체와 계류시스템에 대한 동적거동해석을 수행한다. 또한 여수 주변 해역에 조사 및 분석을 통하여 적당한 부소파제 설치지점 및 바다목장화 지점을 결정하게 된다.

2. 결과

전남 바다목장의 효율적 조성 및 안정된 관리를 위한 기능시설의 하나로서 부소파제가 검토되고 있다. 이를 위한 기초적 연구로서 개발방향 정립과 개념 설계를 목적으로 1차년도 연구가 진행되고 있다. 현재까지는 사례조사 및 분석, 대상해역 환경조사, 설계절

차 및 해석방안 등을 검토하였다. 그 결과를 간단히 살펴보면 다음과 같다.

부소파제의 개발 사례에 대해서는 가장 활발하게 진행되어 온 일본의 사례를 중심으로 살펴보았다. 일본은 1950년 이래로 많은 종류와 수의 부소파제를 개발하여 시공하고 있는데, 현재는 다양한 종류의 기술을 도입하여 신개념의 부소파제를 사용하고 있다. 부소파제의 설계조건, 설계개념 및 설계 절차에 대해서 살펴보았으며, 배치계획 및 운용개념 등에 관하여 조사하였다. 이를 바탕으로 본 연구에서는 상자형과 선박형의 부소파제에 대한 설계 개념을 검토하고 있다.

부소파제의 안정성과 성능을 평가하기 위해서는 부체와 계류라인에 대한 거동해석 및 구조해석이 필요하다. 본 연구에서는 그 기초과정으로 각 구조체의 거동에 대한 지배방정식을 수립하였으며, 이를 풀이하기 위한 수치해석적 방법을 제시하였다. 또 이를 바탕으로 기본적인 해석을 수행하고 있다.

먼저 부체해석에서는 유한수심 선형파이론에 근거한 3차원 경계요소법을 사용하여 부소파제의 운동, 표류력 및 파고해석을 수행하는 기법을 소개하였다. 상자형 부소파제에 대한 수치실험을 수행하여 본 기법의 효용성을 보였다. 부소파제의 성능을 나타내는 반사율 및 투과율은 보통 유한수심 선형파이론에 근거한 2차원 경계요소법을 사용하여 구하므로 본 연구에서 2차원 기법을 소개하고 수치실험도 수행하였다. 2차원 기법으로 상자형 부소파제의 16개 단면에 대한 투과율 및 반사율을 구하였다. 이러한 수치실험 결과는 다양한 형상의 부소파제의 성능추정을 예측하기 위한 기본자료로 활용될 수 있다. 진동수주(OWC)의 운동 및 공기챔버효과를 통하여 파에너지를 흡수하는 BBDB 형 부소파제의 반사율 및 투과율을 해석하는 기법을 소개하였다. 본 연구에서 다른 BBDB 형상의 부소파제는 일반적인 계류상태에서 상자형 부소파제보다 소파효과가 덜한 것을 알 수 있었다. 그 이유는 공기챔버 효과가 부유상태에서 발휘되기 어렵기 때문이다. 따라서 공기챔버효과를 극대화 하기 위한 OWC 및 부력체의 형상개선이 필요하다.

한편 본 BBDB 형상의 부소파제가 파일이나 특별한 계류장치에 의해 파중에 고정되었을 때 강력한 소파효과를 발휘하는 것이 수치실험에 의해 보여졌다. 따라서 파중 운동이 작은 초대형 부유식 해상구조물과 결합하여 사용할 경우 소파효과가 클 것으로 판단되며 또한 천해역에서도 고정식 BBDB를 소파제로 활용할 수 있을 것이다. 부소파제의 성능은 초기설계단계에서 다양한 단면형상에 대한 2차원기법으로 예측이 가능하다. 그러나 최종 성능은 3차원 기법 및 해양수조에서의 모형실험을 통하여 확인하여야 할 것이다.

계류라인 해석에서는 여수바다목장용 부소파제용 계류시스템을 설계하기 위하여 해양의 부체를 계류시키는 계류삭 및 앵커의 일반적인 특성을 알아보았다. 다음으로 현수선이론에 의한 계류삭의 정적해석 방법을 소개하였다. 그리고 상부부체의 운동에 대한 계류삭의 동적거동을 해석하기 위하여 계류삭에 대한 3차원 동적지배방정식을 소개하였고, 이 방정식을 유한 차분법으로 푸는 수치해석 기법을 소개하였다. 정적 및 동적해석을 통하여

여수 바다목장 부소파제 계류삭의 장력을 추정하였고 이를 통하여 계류삭 및 앵커의 제원을 결정하였다. 본 연구에서는 계류삭의 재료로서는 체인을 선택하였으며 하나의 부소파제에 두개의 체인이 부착된다고 가정하였다. 앵커로서는 스톡크가 있는 임베드먼트 앵커가 타당하다고 판단하였다.

본 연구를 통하여 결정된 하나의 체인 및 앵커의 제원을 살펴보면 호칭 지름이 6cm 인 체인을 선정하였으며 이 때 최대장력값은 파단강도에 비해 아주 작으므로 안전하다. 소요되는 체인의 길이는 98m정도가 필요하다. 또한 앵커점에서 부소파제까지의 이출거리는 각각 91.8m가 된다. 이출거리를 줄이기 위해서 상부 끝단으로부터 약 50m 지점에 0.8톤 정도의 웨이트를 달 필요가 있다. 또한 앵커의 무게를 보면 16kN(1.63톤)의 임베드먼트 앵커가 필요함을 알 수 있다.

부소파제를 설치하기 위한 대상해역의 선정을 위한 기초적 검토를 수행하였다. 여수 주변 어항의 상황을 조사하였으며, 주변해역 해양환경 조건에 대하여 조사하였다. 안도를 중심으로 볼 때, 남쪽 바다는 태풍의 영향을 심각하게 받을 수 있음을 알 수 있었고, 안정성과 경제성을 고려하여 안도 북쪽 등의 적정한 해역을 선정하는 것이 필요할 것으로 판단되었다. 이를 위해서는 2차년도에 설계파랑의 수치시뮬레이션 및 지속적 해양환경관측을 통하여 부소파제의 설치 및 소파기능에 대한 조사 분석이 병행되어야 할 것이다.

부소파제를 P.E 재질로 만든다는 가정 하에서 이 재질에 적합한 형상 연구를 수행하였으며, 이에 근거하여 수리실험을 수행하였다. 수리모형실험은 해양시스템안전연구소 해양공학수조에서 수행되었으며, 실험의 주 대상은 입사파의 에너지 감소에 있었다. 규칙파에 의한 신행 부체 모델의 기본 특성을 파악하였으며, 실제 현상과 유사하게 나타나는 불규칙파 중의 부체 소파 성능을 파악하였다. 실험 결과 파랑 주기가 5초, 파고가 1m인 경우에는 신행 부체의 소파성능이 양호하였으나, 주기가 길어지면서 소파성능이 떨어지는 것을 알 수 있었다. 향후 이에 대한 보다 많은 경우의 실험과 형상 변형을 통하여 성능을 개선할 필요가 있을 것으로 사료된다.

제 4 장 자원조성기술

제 1 절 방류용 종묘생산 및 우량종묘 판정법

1. 서론

본 연구는 전남 다도해형 바다목장 해역에 방류할 대상어종의 우량성을 판정할 수 있는 기법을 개발하기 위하여 자연산과 인공산의 유전적 다양성을 조사하고, 외부형태 및 내부형태를 조사, 비교하였으며, 동화효율 및 대사변화, 마취 및 노출내성 등을 조사하고, 바이러스에 감염되지 않은 무병종묘의 생산을 위한 병리학적 특성 등의 연구를 실시하였다.

2. 결과

가. 방류용 우량종묘 판정법 연구

(1) 유전학적 특성조사 비교

(가) 지역별 감성돔 치어의 유전적 다양성 조사

각 지역별 자연산 치어들에서 5개 유전자좌의 대립유전자 빈도를 조사한 결과 *Acs 1* 유전자좌에서는 119bp가 주 대립유전자였으며, 이 대립유전자의 빈도는 지역별마다 비슷하였다. *Acs 3* 유전자좌에서는 90, 92, 94bp 대립유전자가 주 대립유전자였으며, 이들의 빈도는 지역간에 비슷한 양상을 보였다. *Acs 4* 유전자좌에서는 63, 65, 67bp 대립유전자가 주 대립유전자 이었다. *Acs 6* 유전자좌에서는 94bp만이 주 대립유전자였으며, 지역간 대립유전자 빈도의 분포는 비슷한 경향을 보였다.

모든 유전자좌들은 모든 지역에서 다양하였으며, 유전적 다양성은 유전자좌에 따라 달랐다. 특히 *Acs 3*과 *Acs 9* 유전자좌는 대립유전자의 수와 heterozygosity가 매우 높았다. 특히 *Acs 9* 유전자좌는 20개 이상의 대립유전자 수와 0.9 이상의 기대치 이형접합률을 나타내어 유전자좌 중에서 가장 높은 다양성을 보였다.

자연산 감성돔 치어들의 평균 관찰치 이형접합률은 0.747~0.777이었고, 평균 기대치 이형접합률은 0.763~0.789로 동해산 지역이 가장 높았으나 대체로 비슷한 수치를 보였다.

우리나라 감성돔의 유전적 다양성은 대체로 일본 감성돔의 유전적 다양성과 유사하였으나, 대체로 우리나라의 감성돔이 유전적으로 약간 높게 나타났다.

(나) 자연산과 양식산 감성돔 치어의 유전적 구조

집단 분화에 의해 야기되는 아집단내의 이형접합체의 감소정도를 나타내는 근교계수

인 F_{ST} 수치를 지역간에 비교하였다. Pairwise F_{ST} 수치는 서해산과 양식산간이 가장 높은 수치를 보였으며, 남해 자연산과 양식산이 가장 낮은 수치를 보였다.

집단간 유전적 거리와 유연관계에 있어서, Nei(1972)의 standard genetic distance(Ds) 수치는 서해산과 양식산간이 가장 높게 나타났으며, 남해산과 양식산간이 가장 낮게 나타났다. 자연산간의 수치는 일본산 감성돔과 여수지역간의 수치 보다는 낮으나 일본지역간의 수치와는 거의 유사하였다.

(다) 자연산 및 양식산 감성돔 친어와 치어의 유전적 다양성

5개 유전자좌의 대립유전자 빈도를 조사한 결과, *Acs 1* 유전자좌에서 자연산과 양식산 치어에서는 119bp가 주 대립유전자인 반면, 자연산과 양식산 친어에서는 123bp가 주 대립유전자이었다. 대립유전자의 빈도 분포는 자연산 치어와 양식산 치어간이 비슷한 양상이었으며, 자연산 친어는 양식산 친어와 비슷한 양상이었다. *Acs 3* 유전자좌에서 주 대립유전자는 자연산과 양식산의 친어와 치어에 따라 차이가 있었으며, 대립유전자의 빈도 분포는 자연산 치어와 양식산 치어간이 비슷한 양상이었으며, 자연산 친어는 양식산 친어와 비슷한 양상이었다. *Acs 4* 유전자좌에서는 69bp가 모든 시료에서 주 대립유전자이었으며, 대립유전자의 빈도 분포도 역시 모든 시료에서 비슷한 양상이었다. *Acs 6* 유전자좌에서 자연산과 양식산 치어에서는 94bp가 주 대립유전자인 반면, 자연산과 양식산 친어에서는 96bp가 주 대립유전자이었다. 대립유전자의 빈도 분포는 자연산 치어와 양식산 치어간이 비슷한 양상이었으며, 자연산 친어는 양식산 친어와 비슷한 양상이었다. *Acs 9* 유전자좌에서 주 대립유전자와 빈도 분포는 자연산과 양식산의 친어와 치어에 따라 차이가 있었다.

자연산과 양식산 친어 및 치어의 평균 대립유전자 수와 이형접합률을 비교한 결과, 자연산 치어와 양식산 친어의 대립 유전자 수가 14.2개로 가장 많았으며, 양식산 치어가 12.8개로 가장 적었다. 또한 평균 이형접합률에서는 자연산이 양식산보다 높았으며, 양식산 친어는 치어보다 높았다.

(2) 형태학적 특성조사 비교

(가) 외부 형태 비교

인공산과 자연산 감성돔의 계수 비교는 4개의 실험구의 치어에서 등지느러미 가시와 줄기, 배지느러미 가시와 줄기, 및 뒷지느러미 가시와 줄기를 계수하였으며, 꼬리지느러미, 가슴지느러미, 옆줄 비늘수를 계수·비교하였다. 그 결과 감성돔의 등지느러미의 수는 IX~XII, 10~13개이고, 배지느러미의 수는 I, 5개로 나타났고, 뒷지느러미는 II~III, 6~10개였으며, 가슴지느러미의 수는 14~17개였고, 꼬리지느러미의 수는 16~21개, 옆줄 비늘수는 47~57개로 나타났다.

전장에 대한 체장의 상대성장식은 경사와 위치 모두에서 유사하게 나타났지만, WG구와 가장 유사한 것은 CASG구에서 사육한 것이 가장 근접하였다. 전장에 대한 항문장의 상대성장식은 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구의 경사가 가장 많이 기울어져 있으며, WG구와 가장 가까운 것은 WSG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다. 전장에 대한 두장의 상대성장식은 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구와 가장 가까운 것은 WSG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다. 전장에 대한 체고의 상대성장식은 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구와 가장 가까운 것은 CASG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다. 전장에 대한 체중의 상대성장식은 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구와 가장 가까운 것은 TASG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다. 두장에 대한 안경의 상대성장식은 경사와 위치 모두에서 유사하였지만, WG구와 가장 가까운 것은 WSG구에서 사육한 것이 가장 가까웠다.

(나) 내부 형태 비교

감성돔의 새파수는 11~17개로 나타났으며, 가장 많이 나타난 갯수는 13~15개였고, WG구인 자연산 치어에서 가장 안정적으로 나타난 것을 알 수 있었다. 감성돔 자치어의 척추골 수는 22개에서 25개까지의 범위로 나타났다. 등지느러미의 담기골식은 대부분이 0*123111111112223으로 담기골 수는 24개로 나타났다. 뒷지느러미를 지지하는 뒷지느러미 담기골 식은 대부분 10*2111221으로 담기골 수는 10개로 나타났지만, 11개인 개체도 나타났다.

모든 실험구에서 척추골을 제외한 다른 골격의 형태적인 차이점은 없었다. 척추골이 기형인 척추만곡의 경우 TASG구에서 측정한 개체의 26%가 기형으로 가장 많이 나타났고, 다음으로 CASG구에 23%, WSG구에 16%, 자연상태에서 채집된 WG구는 9%로 가장 적은 개체가 나타났다. 척추만곡된 감성돔 치어는 척추가 한번 꺾인 개체와 두번 꺾인 개체가 있었으며, 기형의 대부분은 척추가 한번 꺾인 개체가 주종을 이루었다.

(3) 생화학적 특성조사 비교

(가) 생물학적 성상 조사 및 일반 체성분 분석

비만도는 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 감성돔 치어가 자연산과 차이가 나타나지 않았으나, 간중량지수는 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 감성돔 치어가 자연산 보다 다소 높게 나타났다. 복강내 지방조직은 인공산 및 자연산 치어 모두에서 검출되지 않았다. 근육의 일반 체성분 분석 결과 수분함량과 조회분 함량은 차이가 나타나지 않았다. 그러나 건조중량에 대한 조단백질량은 자연산 치어가 인공산 어미유래 치어, 자연산 어미유래 치어보다 높게 나타났으며, 지질량은 자연산치어가 인공산 어미유래 치어, 자연산 어미유래 치어 보다 낮게 나타났다.

(나) 핵산비와 ACPase 비활성

간에서의 RNA/DNA비는 자연산 치어는 낮았고, 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어는 각각 높게 나타났다. 근육조직의 RNA/DNA비는 자연산 치어가 가장 낮았으나 자연산 어미유래 치어와는 큰 차이를 나타내지 않았으나, 인공산 어미유래 치어가 가장 높았다. 간에서의 ACPase 비활성은 자연산 치어는 낮았고, 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어는 높게 나타났다. 근육에서 ACPase 비활성은 자연산 치어는 비활성량 평균치가 낮은데 비해, 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어는 높게 나타났다.

(다) 단백질 및 지질 조성

간에서의 수용성 단백질량 비율은 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 치어 및 자연산 치어가 차이가 없는 것으로 나타났다. 근육에서의 수용성 단백질 비율은 자연산 치어가 자연산 어미유래 치어보다 약간 낮게 나타났으나, 자연산 어미유래 치어와 인공산 어미유래 치어와의 차이는 나타나지 않았다. 간과 근육에서의 triglyceride량은 인공산 어미유래 치어가 자연산 어미유래 치어와는 큰 차이를 나타내지 않았지만, 인공산 치어는 자연산 치어에 비해 1.7~2.1배의 triglyceride량을 많이 지니는 것으로 나타났다.

간과 근육에서의 free fatty acid량은 인공산 어미유래 및 자연산 어미유래 치어가 큰 차이를 나타내지 않았다. 그러나 인공산 치어는 자연산 치어에 비해 1.2~1.8배의 free fatty acid량을 많아 직접 에너지원으로 이용되는 지질이 많은 것으로 나타났다.

감성돔 치어 근육의 지질 조성 분석 결과는 자연산 치어와 인공산 치어는 상당히 다른 것으로 나타났으며, 인공산 어미유래 치어와 자연산 어미유래치어도 Heneicosanoic acid, Tricosanoic acid에서는 상당한 차이가 있는 것으로 나타났다.

(라) 혈청학적 특성

각 그룹별 혈청 ALB 함량은 자연산 감성돔 치어에서 가장 높은 수치를 나타내었고, 어미 유래별 양식산 감성돔 치어에서는 유의할만한 차이를 나타내지 않았다. 자연산 감성돔 치어 그룹에서 ALP 수치는 가장 높은 수치를 나타내었고 자연산 및 인공산 어미유래 치어 그룹에서 낮은 수치를 보인다. BUN 수치는 자연산 치어에서 가장 높았으나 변이가 심하였고, 인공산 및 자연산 어미 유래군에서는 유의할만한 차이를 나타내지 않았다.

각 그룹별 GGT 값에 대해서 간의 건강성 정도를 파악할 수 있는 수치의 판단근거가 마련되어있지 않았다. GLU 수치는 인공산 어미 유래 감성돔 치어에서 높게 나타났고, 자연산 치어, 자연산 어미 유래 치어 순으로 낮게 나타났으나 각 그룹별에 대한 뚜렷한 차이는 나타나지 않았다. GOT 수치는 유의할만한 차이를 나타내지 않았고, 자연산 감성돔 치어에서 GPT 수치가 유의하게 높게 나타났다. 자연에서 채집된 감성돔 치어에서 가장 높은 TG 수치를 나타내었고, TP 수치는 자연산 감성돔 치어에서 가장 높게 나타났다.

UA는 자연산 감성돔 치어에서 가장 높게 나타났다.

(4) 생리학적 특성 조사 비교

(가) 동화효율 및 대사 비교

감성돔 종묘의 산소소비율은 인공종묘 생산된 감성돔 종묘에 비하여 자연에서 포획된 종묘에서 현저히 높게 나타났으며, 자연산 유래 및 양식산 유래의 종묘간에는 뚜렷한 차이는 없었다. 한편 조도에 의한 영향은 두 수온구에서 암의 조건이 길었던 시험구에서 산소소비율이 높게 나타났으며, 자연산에서 포획한 종묘에서 역시 산소소비율이 높게 나타났다.

감성돔 종묘의 먹이섭취율은 종묘 생산된 치어에 비하여 자연에서 포획한 종묘에서 현저히 높게 나타났다. 조도에 의한 영향은 인공 종묘 생산된 치어의 경우 암의 조건이 길었던 시험구에서 현저히 높게 나타나 조도에 의한 영향이 뚜렷하였다. 그러나 자연에서 포획된 개체의 경우는 암의 조건이 짧았던 시험구에서 다소 높았으나 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다.

감성돔 종묘의 동화효율은 수온간에 유의한 차이는 없었다. 한편 조도의 영향은 유의한 차이는 없었으나 암의 조건이 길었던 시험구에서 다소 높은 것으로 나타났다. 또한 종묘의 그룹간에는 자연산에서 포획된 치어에서 가장 높았다.

(나) 마취 및 노출내성 비교

자연산 치어의 평균 마취시간은 인공산 치어보다 마취되는데 시간이 더 걸리는 것으로 나타났다. 회복에 걸리는 평균 시간은 각 시험구 모두 마취제 농도가 높을수록 길어지는 경향을 나타내었다.

인공산 어미유래 감성돔 치어의 마취제 침지 후 침지시간이 길어질수록 회복시간이 길어지나 9~12분에서는 차이가 나타나지 않았다. 그러나 생존율은 침지시간은 3~9분에서 서서히 감소하였으나, 12분 시험구는 급격히 감소하였다. 자연산 어미유래 감성돔 치 마취시간 6분 이상에서는 인공산 어미유래 종묘보다 마취에 대한 스트레스에 현저하게 약한 것으로 나타났다. 반면, 자연산 감성돔 치어는 침지시간과 관계없이 스트레스를 가장 잘 극복한다는 결과가 나타났다.

3분과 6분 공기 중 노출에 따른 인공산 어미유래와 자연산 감성돔 치어의 평균 회복시간은 큰 차이를 나타내지 않았으나, 자연산 어미유래 감성돔 치어는 회복시간이 2.0~3.2배 더 소요되는 것으로 나타났다. 한편, 생존율은 자연산 감성돔 치어는 3~12분 공기 중 노출 시간동안 89% 이상의 높은 생존율을 보였으나, 인공산 어미유래와 자연산 어미유래 감성돔 치어는 낮은 회복률을 나타냈다. 전장이 작을수록 공기노출에 대한 긴 회복시간과 낮은 생존율을 나타냈다.

6분간 공기 중 노출시에는 자연산 치어와 인공산 어미유래 치어의 평균회복시간 및 생존율이 각각 22 ± 43 초와 17 ± 23 초, 90%와 89%로 유사하였으나, 자연산 어미유래 치어는 166 ± 169 초 및 50%로 앞의 두 집단 보다 폐사개체가 현저하게 증가되며, 회복시간이 길어지는 결과가 나타났다. 한편 전장이 작을수록 공기 중 노출내성이 약하다.

(5) 병리학적 특성 조사 비교

(가) 친어의 바이러스 보균 여부 진단

이리도바이러스의 특이밴드는 전체 시료 모두 검출되지 않아 이리도바이러스에 감염되지 않았음을 확인할 수 있었다(그림 4-1). 노다바이러스는 약 396bp에서 그 특이 밴드를 확인할 수 있었다(그림 4-2).

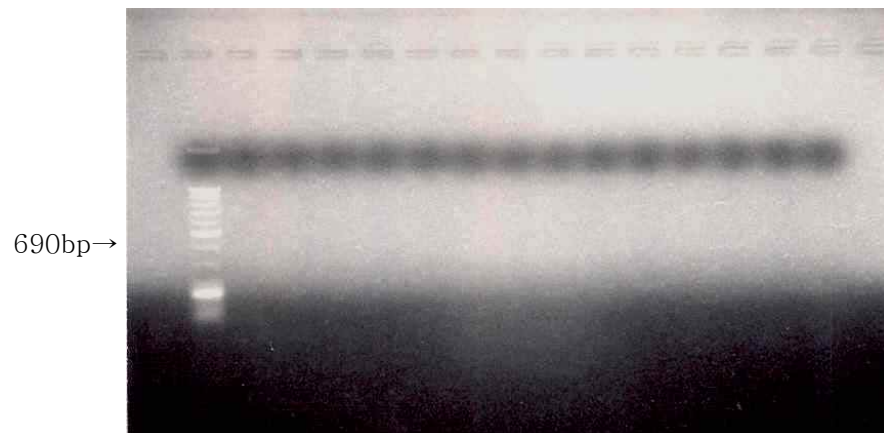


그림 4-1. 이리도바이러스에 대한 PCR 산물의 전기영동 결과.



그림 4-2. 노다바이러스에 대한 RT-PCR 산물의 전기영동 결과.

(나) 자연산과 방류용 우량종묘 감성돔의 병리학적 특성 비교

자연산 감성돔 치어와 양식산 어미, 자연산 어미 유래 감성돔 치어에서 기생충 감염은 관찰되지 않았다. 자연산 및 인공산 감성돔 치어에서 병리학적 특성의 대부분 유사하였으나 자연산 감성돔 치어에서는 *Escherichia coli*가, 인공산 감성돔 치어에서는 *Pasteulla pneumo*가 특이적으로 분리되었으나 이는 방류용 종묘의 경우 사료 급이에 따른 차이로 설명되어 진다.

나. 방류용 우량종묘 생산방법 연구

(1) 어미 유래별 감성돔 사육시험

(가) 채란

총 채란량은 개체 크기가 크며 육상수조에서의 산란경험이 있는 인공산 친어에서는 다량으로 채란이 된 반면, 자연산 친어에서는 인공산 친어에 비해 1/15 적은 양이 채란되었다. 인공산 유래의 친어에서 채란된 부상란의 난경이 약간 크며, 인공산 유래의 친어에서 채란된 부상란이 자연산 친어에서 채란된 부상란 보다 원형에 가까운 것으로 나타났다.

(나) 자치어 사육

인공산 어미유래 부화자어는 자연산 어미유래 부화자어와 크기 차이는 없었다. 부화 7일과 84일에 인공산 어미유래와 자연산 어미 유래의 자어는 성장의 차이는 없었고, 생존율 역시 차이가 나지 않았다.

(2) 황점볼락 친어관리

(가) 친어관리

가두리에서 어미를 사육하는 동안의 사육환경은 수온 8.9~23.5℃, 염분 29.7~34.1ppt였다. 자연산 어미확보는 여수시 남면 화태리 연안에서 통발에 의해 어획한 후 약 2개월간 가두리에서 순치 사육한 어미 39마리를 구입하여 실내수조에 수용하였다. 크기는 전장 25.5~38.6cm, 체중 600~860g이었다.

(나) 출산량 조사

자어의 출산은 2003년 12월 9일부터 2004년 1월 29일까지 총 12마리의 가두리 사육 어미에서 관찰되어 출산율은 14.1%로서 2002년도 12%에 비해 다소 높게 나타났다. 총 출산 자어 수는 379,000마리였으며, 어미 1마리 당 출산량은 약 31,583마리였다.

(다) 종묘생산 기초연구

황점블락의 종묘생산의 성패를 좌우하는 요인은 먹이생물의 영양강화와 적당한 수온 조건의 유지가 중요하다고 판단되어 수온 등 다양한 사육조건에 관한 구체적인 연구가 추진되어야 할 것이다.

제 2 절 중간육성기술

1. 서론

중간육성은 인공적으로 생산된 어류종묘를 자연 상태에 방류하였을 경우 생존율과 성장률을 향상시켜줌과 아울러 어획률을 향상시켜주기 위하여 실시되는 육성과정이다. 바다목장 사업의 일환으로 방류되는 자원첨가용 어류종묘의 중간육성은 육상수조에서의 중간육성과 해상 가두리에서의 중간육성 부분으로 나눌 수 있다. 육상수조에서의 중간육성은 종묘의 건강성 유지, 고른 성장 유도, 우수 혈통 종묘 확보 등 종묘의 품질을 높이기 위한 것이며, 해상 중간육성은 방류 직전의 우량종묘에 자연에서 생존할 수 있는 능력을 주입하는 것이다. 또한 방류에 의한 자원첨가는 어장조성, 자원관리, 환경관리 등 바다목장의 제반 관건 내용과 조화를 이루어야 한다.

2. 결과

가. 육상 중간육성

감성돔 치어의 성장은 사육실험시의 체장 $5.2 \pm 0.5\text{cm}$, 체중 $2.0 \pm 0.2\text{g}$ 에서 종료 시 전장 $9.5 \pm 0.8\text{cm}$, 체중 $10.5 \pm 0.6\text{g}$ 로 53일간의 사육에 전장 $4.8 \pm 0.8\text{cm}$, 체중 $8.6 \pm 0.5\text{g}$ 으로 성장하였다(그림 4-3).

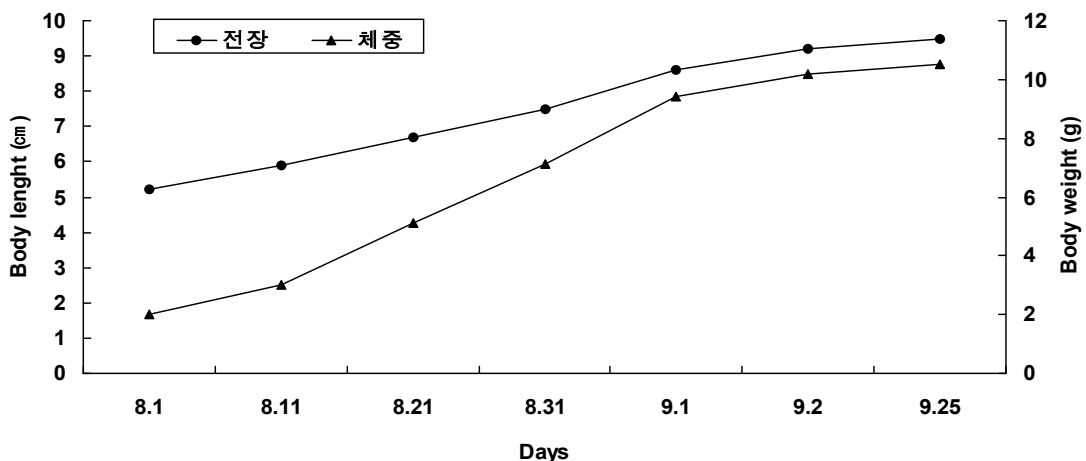


그림 4-3. 감성돔 중간육성의 성장도.

나. 해상 중간육성

(1) 해양환경

현재 가두리가 위치한 횡간도 서쪽 두라리와 소두라리 사이는 비교적 수심이 깊고, 조류소통이 원활하여 기초생산력이 높아, 어류(감성돔)의 먹이가 되는 동물성플랑크톤의 종조성과 양이 풍부한 해역이다.

(2) 가두리 내의 먹이생물 조성(점등효과)

중간육성 가두리 설치해역에 9월과 10월에 출현하는 동물플랑크톤 중 방류용 감성돔 종묘의 먹이생물로 유효한 종은 단각류에 속하는 *Paracalanus parvus*, *Calanus sinicus*, *Corycaeus affinis*, *Acartia pacifica* 그리고 화살벌레의 일종인 *Sagitta crassa*, *S. enflata*의 6종이었다. 점등구와 비점등구의 일반적 동물플랑크톤 출현양상을 보면, 두 지역 모두 요각류가 우점으로 나타났으며, 그 다음은 기타 해양생물의 유생들이었다. 월별 동물플랑크톤의 출현양상을 보면 11월에는 유생 및 미동정 분류군 15종을 포함하여 29종이 출현하였다. 먹이생물로 중요한 요각류 및 기타 소형갑각류 및 갑각류 유생은 모두 주광성을 나타내어 점등효과가 입증되었다.

(3) 해상 중간육성

감성돔 치어의 해상 중간육성 성장 결과를 그림 4-4에 나타내었다. 2003년 10월 평균 무게 13.3g의 감성돔 치어를 수용하여 야간 점등한 실험구와 비점등 실험구인 대조구 사이에 성장 차이를 보였다. 중간육성 5개월 후인 2004년 3월에는 점등구의 감성돔 치어의 무게는 24.9g인 반면 대조구는 21.9g로써 야간점등의 효과를 알 수 있었다.

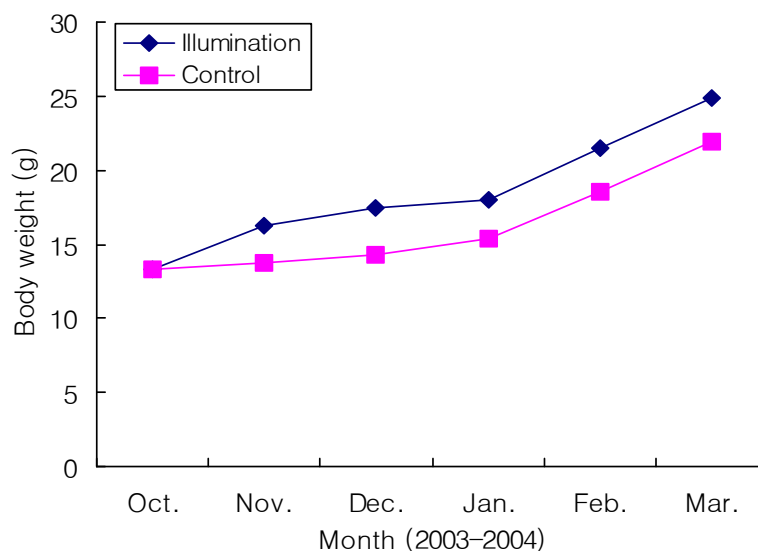


그림 4.4. 야간점등구와 비점등구의 감성돔 성장 비교(2003. 10-2004. 3).

(4) 위 내용물 분석

겨울철인 1월과 2월에 먹이의 종류 수나 수량이 다소 적은 반면 수온이 상승하는 3월에는 전 개체가 대부분 활발한 섭이 활동을 하며, 많은 먹이 생물 중에 특정한 종류를 목표로 강한 선택성을 나타내고 있었다. 성장 중인 어린 개체는 큰 먹이를 선택함으로써 보다 효과적으로 필요한 에너지를 얻는다.

제 3 절 음향순치기술

1. 서론

바다목장에서 어류의 음향순치에 관한 연구는 광범위한 연구 분야가 요구되는 바다목장 사업의 일부분을 차지하는 것으로서, 사업에 요구되는 제반 기반 조성 과 어류의 청각 등에 관련된 기초연구가 병행되어야만 바다목장에서의 음향순치의 성과를 기대할 수 있는데 정확한 자료 축적을 위하여 이러한 실험규모의 연구를 수행할 수 있는 간이 음향급이기의 개발이 필요한 시점이다. 따라서 2003년도 사업 추진에 있어 이 연구 분야에서는 전남 다도해형 바다목장 사업의 주 대상 어종 중의 하나인 감성돔의 음향순치 실험을 위하여 해상가두리에서 실험하기에 적당한 크기의 국산 음향급이기를 개발하기 위한 설계도 완성이 목표이다.

2. 결과

음향 급이기 타이머 및 앰프 설계: 음향 자동 급이기는 미리 설정된 시각에 방성과 급이를 하는 장치이며, 그 제어 시스템은 다음과 같다.

- ① 구형파 발생 장치
 - 주파수 : 300 Hz 구형파
 - 전원 : DC 24V
 - 앰프의 입력 단자와 연결할 수 있는 출력 단자
 - 오디오용 RCY 케이블 사용
- ② 앰프 제어 장치
 - 출력 : RMS 200W
 - 출력 채널 : 모노 1채널
 - 임피던스 : 4Ω
 - 전원 : DC 24V
 - 전원 스위치
 - 전원 표시등(초소형)

- 출력 눈금
 - 볼륨 조절기
 - 구형파 발생 장치에서 출력된 신호를 수신할 수 있는 입력 단자
 - 신호를 수중스피커로 출력할 수 있는 단자
 - 고급형 방수 케이스(구형파 발생 보드와 앰프를 한 개의 케이스에 수납)
- ③ 타이머
- 전원: DC 24V
 - 조작 장치: 주 전원, 구형파 발생 보드, 앰프, 급이기의 먹이 확산 장치 제어 모터, 급이기의 개시 동작 제어 모터
 - 디지털 타이머 사용(24시간 단위 설정 가능)
 - 타이머로 그림 2, 3의 동작 시퀀스 조작 기능
 - 방수 박스 안에 수납
- ④ 음향 급이 장치 시퀀스 제어(동작 타임 차트)
- ⑤ 가변 저항 볼륨 스위치
- 수중 스피커 출력용 앰프 볼륨 조절: DC 24V
 - 확산 동작용 모터(DC 24V, 24W, 0.6A) 속도(전압) 제어
 - 흡퍼의 토출기 모터(DC 24V, 24W, 0.6A) 속도(전압) 제어
- 그 외 조건:**
- ① 일반적인 방수 케이스 안에 앰프 및 제너레이터 보드, 타이머 등을 수납
 - ② 타이머의 통상적인 표시는 시, 분, 초
 - ③ 시퀀스 타임을 정할 때는 선택 스위치에 의하여 시, 분, 초 단위로 표시한 후 현재 시각 타이머로 복귀
 - ④ 각 설정 값을 디스플레이 화면에 표시

제 4 절 대상 생물의 방류 기술

1. 서론

수산자원의 격감과 양식기술의 향상에 따라 인공종묘생산에 의한 어패류가 대량으로 연안에 방류되고 있으며, 자연생태계에 투입된 이후에 있어 재생산력과 방류효과의 평가는 방류사업의 주된 관심사이다. 특히 방류환경은 은신처와 먹이 공급장의 역할로써 방류어의 초기적응에 중요한 요소로 평가되어 초기감모의 원인 및 재생산성에 큰 영향을 미치게 된다.

본 연구에서는 감성돔의 비늘의 특성을 이용하여 양식산, 자연산 및 방류어를 판별할 수 있는 요소를 규정하고, 감성돔의 형태적 비교와 방류 해역에서의 감성돔 출현을 추적

하여 년 중 출현 동향을 분석하고자 한다. 또한 감성돔 치어를 2003년 9월 전남 가막만에 방류한 후 1 개월 간 방류해역을 중심으로 방류어를 채포하여 방류어의 출현빈도를 조사하고 장내용물의 특성과 양적변동을 측정하여, 연안역에 방류한 감성돔의 먹이습성과 환경적응의 능력을 평가하고자 한다.

2. 결과

가. 방류어의 성장 특성

(1) 비늘의 특성에 의한 감성돔의 양식, 방류 및 자연산 판별

감성돔의 비늘은 전형적인 빗비늘의 형태이나 부위에 따라 3 가지의 형태적 차이로 나타났다. 어체의 위치에 따라 비늘 높이의 변화가 심한 반면 폭은 큰 변화 없이 일정한 값을 유지하였다. 어체 앞쪽의 비늘은 폭보다는 높이의 비가 커서 상하 긴 형태를 나타내었으며 미병부 쪽으로 갈수록 전후로 긴 형태를 나타내었다. 자연산 비늘은 부위별 형태는 크기와 형태에 다소의 차이가 있었으나, 골과 골마루의 간격이 균일하며, 중심점과 극이 선명하게 나타나는 공통적인 특성이 있었다. 자연산 감성돔의 비늘은 중심점(focus)으로부터 골이 방사형으로 뻗쳐져 있으나 양식산 감성돔의 비늘은 중심점이 없이 중심판이 넓게 형성되어 있는 것이 관찰되었다. 중심점 또는 중심판의 형성유무로써 감성돔 양식산, 자연산 및 방류어의 비늘 형태를 관찰하였다. 비늘의 채취에 의해 75%이상에서 중심점이 나타나면 자연산으로서 규정할 수 있으며, 중심점이 20%이하에서 나타나면 방류어로 규정할 수 있을 것으로 판단된다. 자연산 감성돔 비늘은 부채꼴형의 바른 외형과 선명한 골을 보이며 골 간격도 균일하고 중심점을 가지고 있고 극의 형성도 선명하게 나타나며 2년산의 연륜이 선명하게 나타나고 있다. 양식산은 부채꼴형보다는 사각형에 가까운 형태를 보이며 골의 형성과 골 간격이 불균일한 형태를 보이며 미성골의 형성이 심하며, 중심판의 형성이 전체 길이의 절반이상을 차지하고 극의 형성이 미약하게 보이며 연륜도 선명하지 못하다.

(2) 감성돔 양식, 자연산 및 방류어의 체성장 특성

어체장의 성장에 따라 양식산과 자연산을 비교하였다. 체장에 대한 어체중의 비례는, 자연산과 방류어는 유사한 체성장을 보였으나 양식산은 체장에 대해 체중의 비율이 유의적으로 높게 나타나 어체중의 증중률이 높은 것으로 나타났다. 체장에 대한 체고의 비는 양식산, 자연산 및 방류어 모두 유의적인 차이가 없었다. 체장에 대한 항문장까지는 양식산, 자연산 및 방류어 모두 유의적인 차이가 없었다. 체장에 대한 등지느러미의 길이 비는 양식산과 자연산이 유사한 길이 인 것에 비해 방류어는 유의적으로 성장은 늦어 등지느러미가 상대적으로 짧은 것으로 나타났다. 체장에 대한 배지느러미의 길이 비는 양식과 자연산이 유사한 길이 인 것에 비해 방류어는 유의적으로 빠른 성장을 보여 배지느러미

가 긴 것으로 나타났다. 체장에 대한 가슴지느러미의 길이비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다. 체장에 대한 뒷지느러미의 비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다. 체장에 대한 꼬리지느러미의 비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다. 체장에 대한 두장의 비는 양식과 방류어간에는 유의적인 차이가 없었으나 양식산과 자연산간에는 유의적인 차이를 나타내어 양식산의 두장이 큰 것으로 나타났다. 체장에 대한 미병고의 비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다. 체장에 대한 미병장의 비는 양식, 자연산 및 방류어에서 유의적인 차이가 없이 유사한 경향을 나타내었다. 두장에 대한 눈의 크기는 양식산이 성장할수록 다소 크게 나타났으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 두장에 대한 주둥이폭의 길이는 양식, 자연산 및 방류어에 있어 유의적인 차이가 없이 유사한 경향으로 나타났다. 감성돔의 성장 단계에 따른 외형적 특성을 회귀직선으로 나타내었으나, 양식산은 체중에서 방류어는 등지느러미와 배지느러미의 길이 비에서 유의적인 차이를 보였다. 등지느러미와 배지느러미의 길이 특성은 방류어에서만 나타나는 강한 특징이나 그 원인에 대해서는 알 수 없으며 추가적인 조사가 요망된다.

(3) 방류지의 이각망에서 채포된 방류 및 자연산 감성돔의 월별 출현비율

감성돔이 방류된 후 12월까지의 50% 이상이 채포되다가 1월에 격감하고 2월과 3월에 출현하지 않았다(그림 4-5).

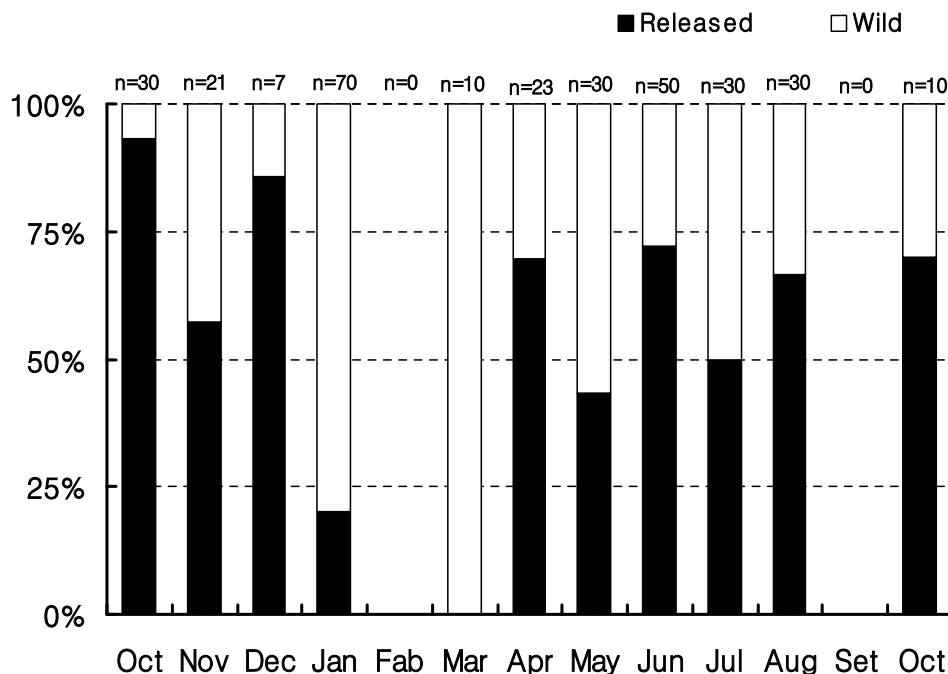


그림 4-5. 감성돔 자연산 및 방류어의 월별 출현 비율.

(4) 감성돔 치어와 성어의 월별 출현 동향

치어군과 성어군은 화태도와 금오도를 중심으로 연중 서식하고 있는 것으로 나타났으며, 3월부터는 성어군이 먼저 복상하는 하고 10월부터는 성어군이 먼저 남하하는 경향을 보였다. 이에 비해 치어군은 복상시기와 남하시기가 성어에 비해 1~2개월가량 늦은 것으로 나타났다.

나. 방류 감성돔 치어의 먹이 습성과 환경적응

방류 후 15일째까지는 정체의 경향을 보였으나, 20일째부터는 어체중과 전장 모두 성장하는 경향을 나타내어 환경적인 면에서의 적응이 15일 이후에부터 정상적인 성장으로 나타나는 것으로 판단된다. 방류 감성돔은 유입된 인공먹이에 우선적인 포식 습성을 가지고 있으며 시간이 지나면서 점차 자연계의 먹이를 포식하게 되는 먹이습성의 경향을 보였다. 방류어에 있어 체지방 함량의 변화는 20일째까지 유의적인 변화는 없었으나 30일째에 다소 증가하는 경향을 보였으며, 단백질 함량은 방류전, 방류어 및 가두리 양식어에 있어 모두 약 17%로 유의적인 차이가 없이 안정적인 체 함량 변화를 나타내었다.

제 5 절 대상 생물의 생태 및 행동연구

1. 서론

전남 다도해형 바다목장 해역 내에 방류효과를 높이고 나아가 앞으로의 획기적인 자원 증대를 위하여 초기의 감성돔 치어의 행동 발달을 비롯하여 자연계에서의 감성돔, 돌돔, 볼락 등에 대한 행동을 관찰 조사하고 있다. 수조 및 수중관찰 시 감성돔, 돌돔 등 몇몇 어종들의 행동 습성에 대해서 조사 중에 있다. 전남 다도해형 바다목장에서의 자연산 감성돔의 회유경로를 구명하기 위한 목적으로 감성돔의 이동범위를 음향 텔레메트리로 측정하는 실험을 수행하였기에 그 결과를 보고하고자 한다.

2. 결과

가. 방류어의 생태

(1) 감성돔

감성돔의 성장을 살펴보면 대략 1년 12~15cm, 2년에 19~21cm, 3년에 23~26cm, 전후로 성장하며 최대체장은 60~70cm에 달한다. 산란기는 3~7월 사이로 최소성숙체장은 수컷(2년어)은 체장 17cm, 암컷에서 20cm(체중 236g) 정도이지만, 대부분이 성숙하는 것은 5~6세어로 되면서부터이다. 감성돔은 성전환하는 어종인데 유어기에는 모두 수컷이고, 그 후 자웅동체로 변한다. 또한, 일정지역에 붙어사는 군(붙박이)과 이동군(회유개체

군)이 알려져 있는데, 전자는 암초 지역 등에 붙어서 생활하지만, 후자는 만 내외의 깊은 곳을 주 서식장으로 하고, 산란기에 암초와 연안의 얇은 곳으로 작은 무리를 이루어 이동한다.

(2) 돌돔

산란기는 4~7월로서 양식돌돔의 최소 성숙체장은 수컷에서는 가랑이체장 13.3cm(만 1년), 암컷에서는 23.8cm(만 2년)이다. 수컷은 만 2년에서 군성숙도가 100%로 되지만, 암컷에서는 만 3년이 지나도 83% 밖에 지나지 않는다. 1년에 평균 가랑이체장 19.7cm, 평균체장 198.6g으로 성장하고, 2년에 25.8cm, 497.0g, 3년에 27.5cm, 622.0g으로 성장한다. 당세어 및 1세어의 비만도는 수온에 의해 섭이활동과 관련해서, 7~11월 걸쳐서 현저히 증가하고, 12월에서 익월 보름까지는 적다. 암수 모두 성숙하는 2년어 이상의 비만도는 산란후의 8~9월에 적고, 그 후, 크게 되지만 겨울철의 저수온기를 넘기면 다시 적게 된다. 표층역에서 유영하는 전장 10~30mm에서는 소형의 갑각류를 포식하고, 이빨이 석회화하고 나서부터는 대형의 갑각류를 잘 먹게 된다. 다시 전장 10cm 이상으로 성장하게 되면, 잡식성이 강하게 되고, 갯지렁이류와 해조류를 먹고, 전장 5cm 이상의 것은 성게나 소라종류 등과 같은 저서 부착성 동물을 포식하는 경우로 된다.

(가) 돌돔의 산소 소비율

돌돔 치어의 수온 변화에 따른 용존산소 소비율 조사해본 결과, 실험이 이루어진 모든 광주기 조건에 대하여 용존산소 소비율은 수온 상승에 따라 증가하였다.

돌돔 치어의 광주기 변화에 따른 용존산소 소비율을 조사해본 결과, 실험이 이루어진 모든 수온 조건에 대해 용존산소 소비율은 24시간 명기 조건이 가장 높았으며, 12시간 명기와 12시간 암기 그리고 24시간 암기 조건 순으로 나타났다.

나. 초기생활사에 있어서 구조물에 대한 반응 개시시기 및 행동 발달

2004년도 방류어류의 초기생활사에 있어서 구조물에 대한 행동 실험 계획 현재 추진 중에 있으며, 불락, 감성돔, 황점불락의 초기 발육단계 과정에서 구조물에 대한 부착성 및 주축성과 공간 인식능력을 조사하기 위하여 실내 사육수조 내에 구조물을 설치하여 행동 발달 양식을 관찰하기로 했다.

다. 수조 내 행동 특성

(1) 감성돔

실험에서 나타난 결과로 미루어 감성돔 치어들은 시간이 지날수록 구조물을 인식하는 반응을 보였으나 뚜렷한 행동은 관찰되지 않았다(그림 4-6).



그림 46. 실험용 구조물에 대한 감성돔 치어의 행동.

(2) 황점볼락

실험 개시 시 사육수조 내 대부분의 개체들은 수조 바닥에 배를 대고 가라앉아 잘 움직이지 않으며 모형 어초인 구조물 속으로 들어가는 개체들은 몇 마리 되지 않을 정도였다. 실험 일수가 지날수록 모형 어초에 반응을 보이기 시작하는 개체가 늘어났는데 이들 대부분은 어초와 수조 바닥이나 구조물을 지지하고 있는 합판 위, 합판을 지지하는 각목 위에 앉아 있는 행동을 보였다(그림 4-7).



그림 47. 실험용 구조물에 대한 황점볼락 치어의 행동.

라. 자연 상태에서의 행동 특성 조사

(1) 자연 암반

행동습성을 보면 주간에는 활발히 떼지어 유영하다가 야간에는 수심 6~10m의 사패질 바닥에 몸을 가까이 붙이고 개체간 거리를 약 40~50cm 유지한 채 바닥 근처에 앉아 휴식을 취하였다. 전장이 30~40cm급 감성돔도 주간에는 어초 주위에 출현하거나 바닥 가까운 수층을 유영하다가 야간에는 일부 개체들이 활발한 먹이 섭이활동을 하는 반면 일부 개체들은 암반 가까이 몸을 붙이고 휴식을 취하였다. 금오도 용머리해역에서 감성돔이 은신하는 바위의 생김새는 수심 13~18m에 있는 직경이 약 4~5m인 커다란 바위가 쌓인 형이었으며 감성돔은 나갈 통로가 없는 굴에는 은신하지 않는 특징을 알 수 있다. 즉, 특히 겨울철 저수온기에는 바위가 쌓여 있으면서 뒤쪽 통로가 열려있는 '터널형 바위' 아래에 몇 마리씩 모여 은신하는 것으로 볼 수 있다(그림 4-8).

안도 이야포에서 관찰된 감성돔들은 조사 당시 바위에서 약 1m정도 떠다니는 행동을 보였으며 관찰자와는 반드시 일정한 거리를 두고 경계하는 행동을 보여 수중 촬영 시 카메라 앞으로 모여드는 볼락이나 조피볼락과는 매우 다른 예민한 행동 습성을 보여주었다.

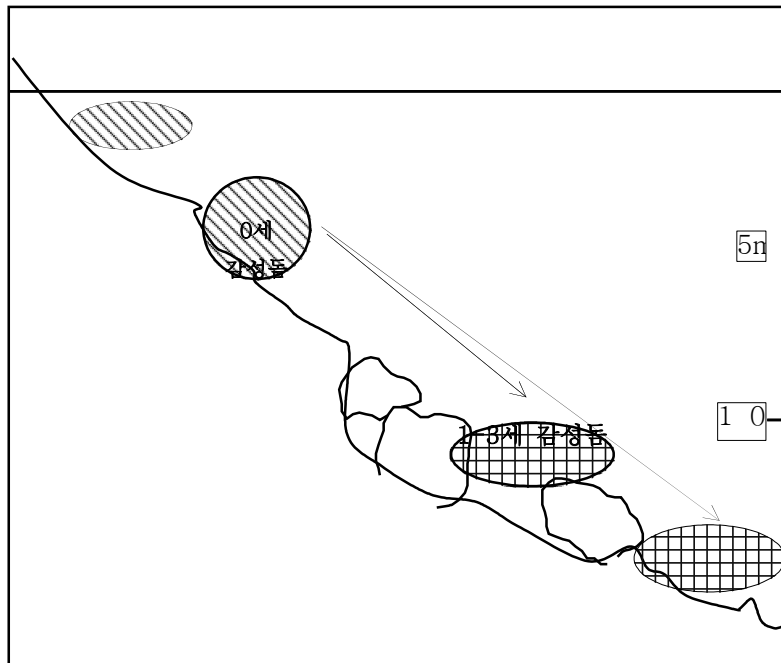


그림 4-8. 감성돔의 나이에 따른 서식 수층 및 자연 암반과의 관계

(2) 어초

(가) 삼부도 세라믹 어초와 안도 강제어초

감성돔은 어초 내에서 계속 머물지 않고 어초 주위를 어슬렁거리며 돌아다니고 있었

다. 감성돔은 계절에 따라 행동 반경이 다르고 특히 전남해역에서는 남북으로 그 회유가 커서 향후 동계의 월동 해역 예정지(그림 4-9)를 포함하여 지속적인 관찰을 실시할 예정이다.

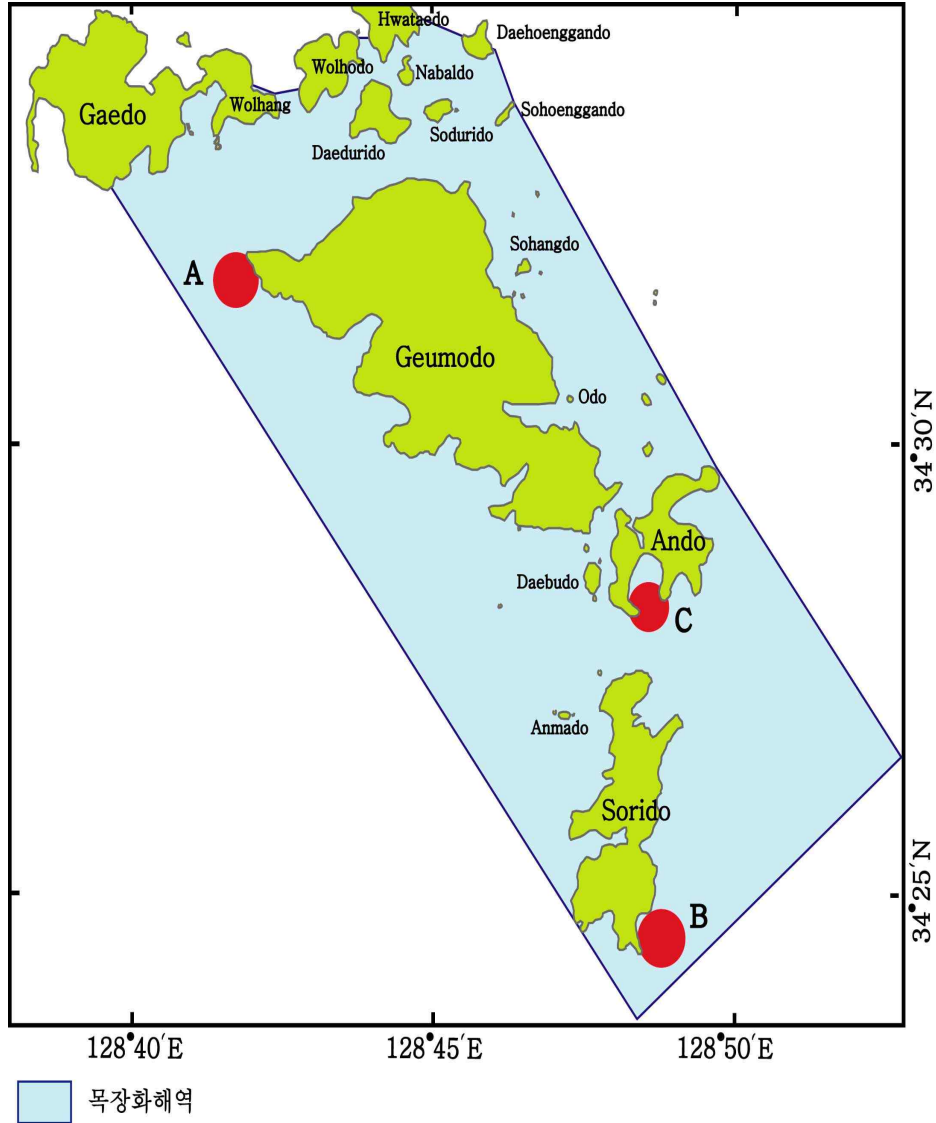


그림 4-9. 2003년 전남 다도해형 바다목장 어초 시설지(A: 금오도 용머리 세라믹 어초, B: 소리도 소룡단 세라믹 어초, C: 안도 이야포만 시험 어초).

(나) 시험어초

안도 이야포만 내의 수심 15m에 설치된 시험어초 2기(그림 4-10, 11)를 2004년 4월에 수중 생태 조사를 하였다. 감성돔을 비롯한 주요 수산어종이 유집하기에는 아직 수온이 낮아서 다른 어류들은 관찰하지 못하였지만 수온이 상승하면 어종 및 개체수가 증가할 것이다.

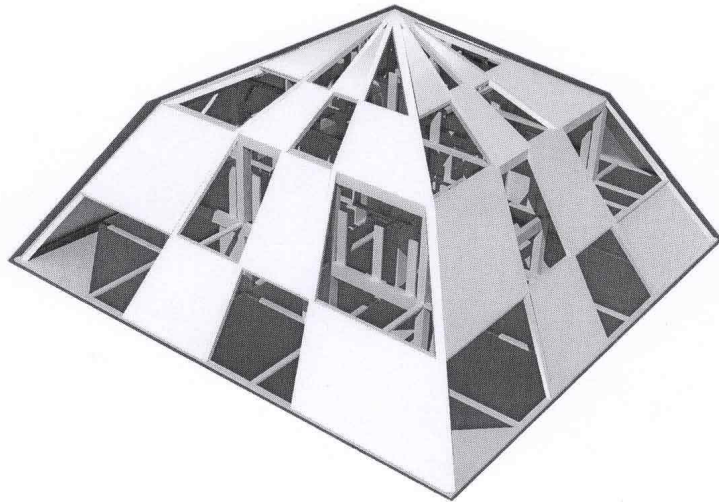


그림 4-10. 돔형 복합 강제어초 모형.

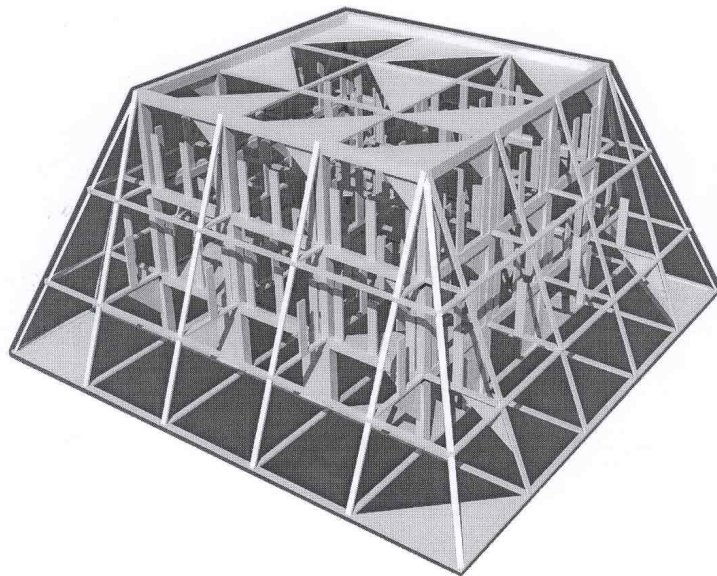


그림 4-11. 사다리꼴 복합 강제어초 모형.

마. 감성돔의 이동 범위 조사

(1) 실험해역의 해저지형

2003년 10월에서 2004년 2월에 걸쳐 5일간 측정한 실험해역의 해저지형(수심 분포)는 그림 4-12와 같다. 그림에서 (-)의 값으로 표기된 숫자는 해저의 수심을 나타내며 등심선 간격은 5.0m이다.

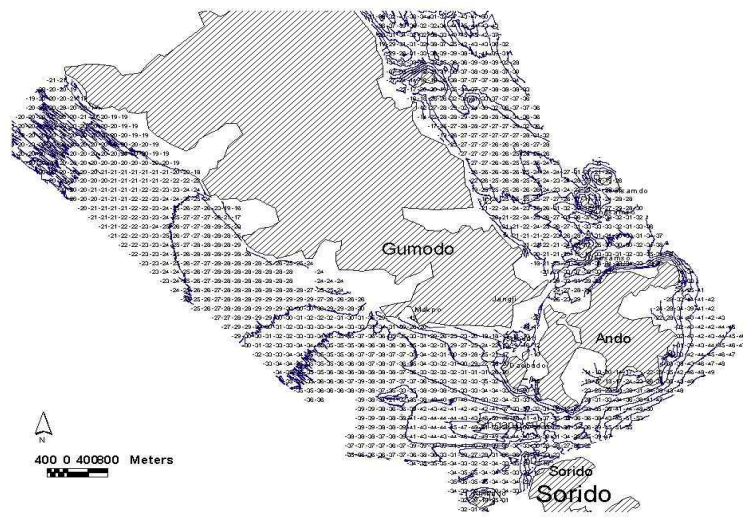


그림 4-12. 실험해역의 수심 분포(2003년 10월~2004년 2월).

(2) 시험어의 이동범위

가두리에 설치하여 두었던 4번 수신기의 기록을 분석하여 본 결과 ID 20번의 시험어는 4월 21일 11:31까지, ID 19번의 시험어는 4월 22일 06:20까지 대부도 방파제 부근에서 체류하였음을 수신기록으로부터 알 수 있었다. 4월 2일 방류 후부터 4월 8일까지 VR2 수신기와 VR60 수신기를 사용하여 조사한 결과 ID 19번, 20번 시험어는 주로 대부도 방파제 입구부근의 테트라포드 주변에서, 나머지 2마의 시험어는 이 방파제의 바깥쪽에 머물고 있음을 확인한 바 있다. 그러나 2004년 4월 22일 06:20 이후부터는 전혀 수신기록이 없는 것으로 보면 시험어가 이동을 하였거나 어획되었을 가능성이 있다(그림 4-13).

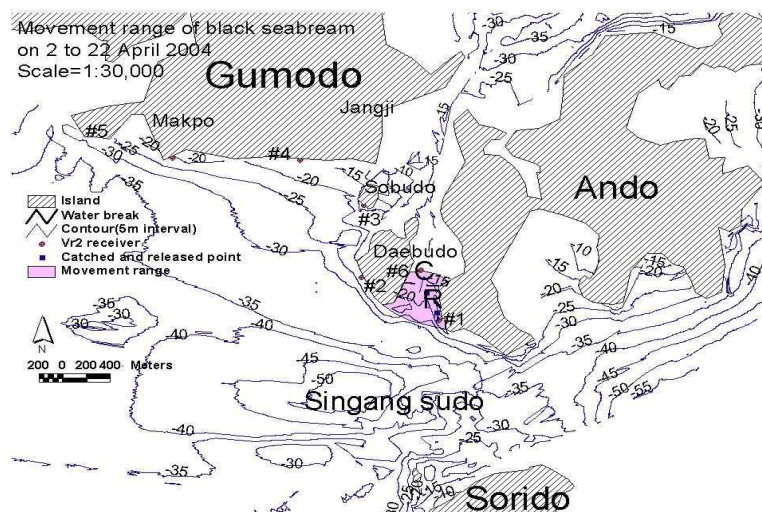


그림 4-13. 시험어 4마의 이동범위(2004년 4월 2일~4월 22일).

(3) 해양환경요소의 측정

5~30m 수층에서 5m 간격으로 측정한 수온의 연직분포를 보면 2004년 4월 29일의 층별 수온과 평균 수온은 2004년 4월 8일의 것보다 각각 1.4~3.0°C, 1.9°C 높게 나타났고, 10m 수층에서의 수온의 변화폭이 3.0°C로 가장 컸다.

제 6 절 해중립 해조류의 종묘생산, 이식 및 효과조사

1. 서론

현재까지 전남 다도해형 바다목장 후보지인 여수시 소리도, 금오도 일대에서 후보 해역과 인공어초 투하예정지에서 해조생태를 조사하였고, 조장 조성용 해조의 탐색을 수행하였다. 1차년도 조사에서 나타난 것처럼 바다목장 대상해역은 각각의 정점에 따라 해조상이 다르게 나타난다. 지난해 조사한 소리도의 중북부 일부해역에서는 갯녹음이 심한 반면, 소리도 남단의 소룡단 일대는 남해안의 전형적인 남방계 해조류인 감태와 큰잎모자반이 우점하며 해조숲을 이루고 있으며 이밖에도 초식자를 배제시키는 그물바탕말과 해조류 및 소형홍조 등 다양한 해조류가 서식, 분포하고 있다. 조하대 해조류의 종 다양성은 높지 않으나 바다목장 조성을 통해 주변에 자생하는 해조류와 인공적인 해조장 해조류의 친화도를 높일 수 있는 해조장 조성 후보지로 판단된다. 이와 같은 결과로 보면 이 정점에는 감태 및 큰잎모자반과 같은 대형 다년생 갈조류의 종사를 감아주거나 이식하는 방법으로 해조장을 조성하면 좋을 것으로 생각된다.

2. 결과

가. 목장해역의 해조류 특성

소리도 연안 소룡단 일대의 조하대에서는 녹조류 4종, 갈조류 10종, 홍조류 15종 등 총 29종이 채집 동정되었다. 소리도의 중북부 일부해역에서는 갯녹음이 심한 반면, 소리도 남단의 소룡단 일대는 남해안의 전형적인 남방계 해조류인 감태(그림 4-14, a)와 큰잎모자반군락(그림 4-14, b)이 우점하며 해조숲을 이루고 있으며 이밖에도 초식자를 배제시키는 그물바탕말과 해조류 및 소형홍조 등 다양한 해조류가 서식, 분포하고 있다(그림 4-14, c). 소리도 연안은 같은 소룡단 해역 주변에서도 해저지형에 따라 갯녹음(백화)현상이 매우 심각하고 조하대 상부의 암반에 서식하는 몇몇 종을 제외하면 극히 빈약한 해조상을 나타내는 곳도 있음을 알 수 있었다(그림 4-14, d).

또한 시험 강제어초의 투하해역인 안도연안은 대체로 탁도가 높고 시야가 흐려 해조가 생육하기에 부적합한 환경으로 판단되며 특히 인근의 암반해역에서 해조류의 착생이나 서식을 확인할 수 없었고 성계에 의한 갯녹음이 확산되고 있는 것으로 나타났다. 반면

금오열도의 남단은 소형 일년생 및 다년생 해조가 우점하고 있으나 식생의 풍도나 종 다양성은 매우 낮다.

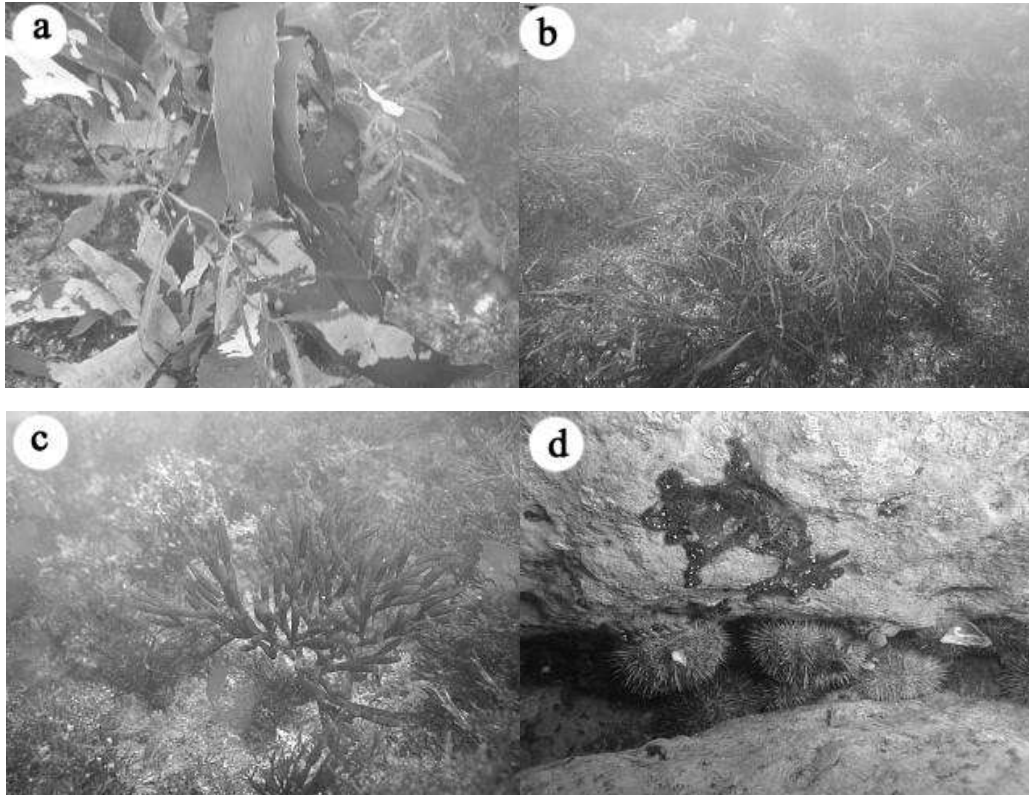


그림 4-14. 소리도 남부 소룡단의 해중립 해조류. (a) 감태 군락, (b) 큰잎모자반 군락, (c) 다양한 조하대의 해조군집, (d) 갯녹음 암반.

나. 종묘생산, 이식 및 효과조사

채묘한 감태의 유주자는 약 2주일 후부터 생란기와 조정기를 형성하였고 약 1개월 후에는 대부분이 어린 아포체 상태로 발아하였다(그림 4-15, a). 실내배양하에서 발아한 아포체는 2개월 후 약 10cm로 자랐으며(그림 4-15, b), 팜사와 나일론 로우프를 기질로 채묘한 종사들을 가이식한 채묘연에서도 평균 약 3~5mm로 성장하였다(그림 4-15, c). 이렇게 채묘한 채묘연을 현장에 운반하여(그림 4-15, d) 이식한 감태(그림 4-15, e)와 미야베모자반(그림 4-15, f)을 관찰하였다.

전남 다도해형 바다목장 해역인 전남 여수시 안도에 투하된 강제어초에 이식한 후 약 15일간의 간격으로 4회에 걸쳐 조사한 결과 감태와 미야베모자반의 생장은 육안으로 확인할 수 없을 정도로 매우 느린 것으로 나타났다. 현장 이식 후 약 46일간 성장한 미야베모자반은 겨우 눈에 보일 정도로 성장이 둔화되어 불과 4.4mm정도 밖에 자라지 않았으며 감태의 경우 더욱 더 성장이 느려 불과 3.1mm에 지나지 않았다.

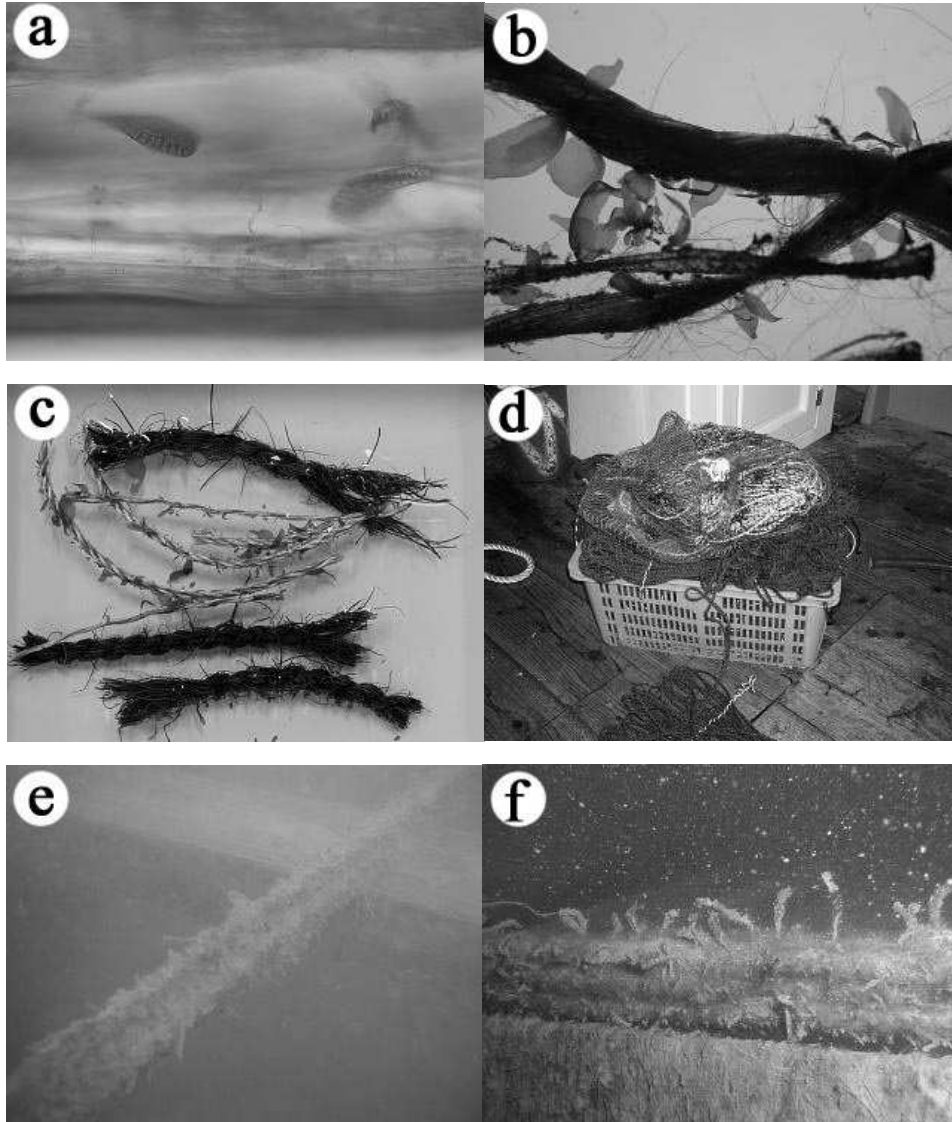


그림 4-15. 감태종묘의 배양, 이식 및 효과조사. (a) 발아한 아포체, (b) 엽장 약 6mm의 유연, (c) 가이식한 종사, (d) 이식할 채묘연의 현장운반, (e) 강제어초에 감아 넣은 후 1개월 후의 감태종묘, (F) 강제어초위에서 발아, 성장한 미야베모자반.

제 7 절 자원조사

1. 서론

2002년도부터 방류해 온 감성돔, 돌돔을 대상으로 전남 다도해형 바다 목장에서의 현재의 자원 상태와 목장사업이 진행해 나가는 과정에서의 주요 수산 자원의 변화를 추적

조사하기 위한 자원조사가 목장 전 해역을 대상으로 이루어지고 있다. 또, 감성돔을 비롯한 주 대상어종들의 행동 습성을 파악하고 그에 알맞은 구조를 결정하여 인공어초를 개발, 설치할 목적으로 기존 설치된 어초의 현장 분석을 통하여 새로운 타입의 어초를 개발 중에 있다.

자원량 조사는 주로 바다목장 해역 내 설치된 실험용 구조물 등 어초 주변과 자연 암반정점을 중심으로 자원 변동에 대한 조사가 실시되었다. 자원량을 조사하기 위해서는 어획자료를 이용하는 코호트 분석법, 단위 노력당 어획량, 표지 방류법 등의 간접적인 방법이 있으나, 전남 다도해형 바다목장에서는 현재 기초 자원량을 추정하기 위하여 통영바다목장에서의 추정 방법과 동일하게 일반 어구, 어탐기 및 잠수에 의한 조사를 실시하고 있다. 대상어의 서식생태가 각각 달라 하나의 방법으로 정확한 자원량을 추정하는 것은 어려울지 모르지만 현재까지 사용되고 있는 방법을 서로 보완하면서 다양한 방법으로 추정하면 자연 근사치에 가까운 자원량 추정이 가능할 것으로 생각된다.

2. 결과

가. 어구조사

(1) 출현종 및 출현량

(가)통발

총 5목 20과 24종이 출현하였으며 그 중 볼락이 연중 매월 출현하였고 노래미, 쥐노래미도 연중 지속적인 출현을 보였다. 그리고 자리돔은 6월부터 3월까지 연속적으로 출현하였다. 다음으로 용치놀래기, 황놀래기, 조피볼락 등이 많은 출현을 보였다. 반면에 쏨뱅이, 참돔, 돌돔, 띠볼락은 조사기간 동안 1회 출현하였다.

통발로 채집된 어류의 월별 생체량과 출현개체수를 살펴보면 생체량은 10월에 3,551.12g으로 가장 많은 양이 채집되었고 9월, 11월, 12월, 3월에 1,853.69~2,079.35g 사이의 비슷한 출현량을 보였다. 가장 적은 생체량이 채집된 달은 7월로 1,261.5g이었다. 출현 개체수는 2004년 2월에 69개체가 채집되었고 2003년 3월에 6개체로 가장 작은 개체수가 출현하였다. 개체수의 월별 변화는 2003년 4월에서 2004년 3월까지 증가하는 경향을 보였다(그림 4-16).

(나) 삼중자망

삼중자망에서 어획된 어류는 총 5목 24과 28종이 출현 하였다. 그 중 노래미와 볼락이 3월을 제외하고 전 기간 동안 출현하였다. 그리고 쏨뱅이, 문치가자미가 조사기간 중 6개월에 걸쳐 출현하였다. 줄복은 겨울에서 초봄까지 5개월간 출현하였고 감성돔은 6월과 9월, 10월에 채집되었다. 쭈기미, 양태, 참서대, 붉바리, 돌돔, 장갱이 등은 조사기간 동안 1회 출현하였다.

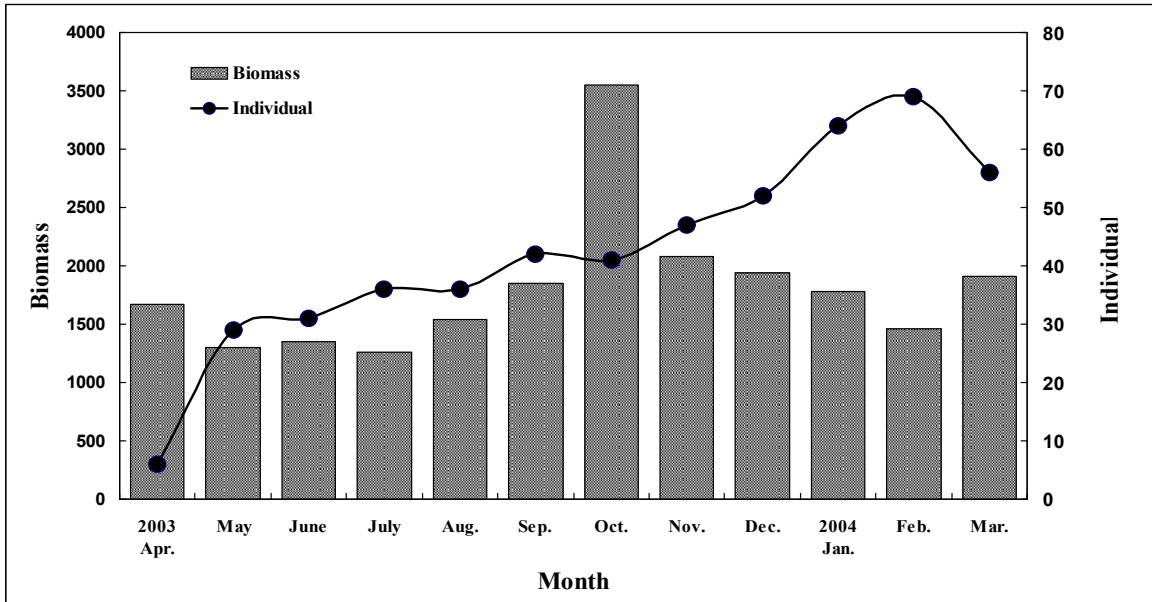


그림 4-16. 여수에서 통발로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화.

월별 출현개체수와 생체량을 살펴보면 월별 변화양상은 서로 비슷하였다. 출현 개체수는 1월에 31개체로 가장 많았고 다음으로 12월에 29개체, 9월에 25개체, 10월에 24개체, 11월에 21개체순으로 출현하였고 가장 적은 개체수 출현은 2003년 3월로 13개체였다. 생체량은 11월에 4,70412g으로 가장 많았고 다음으로 1월에 4385.17g, 2월에 4,062.78g, 6월에 3,178.41g순으로 나타났고 가장 적은 생체량을 나타낸 달은 2003년 3월에 1,741g이었다(그림 4-17).

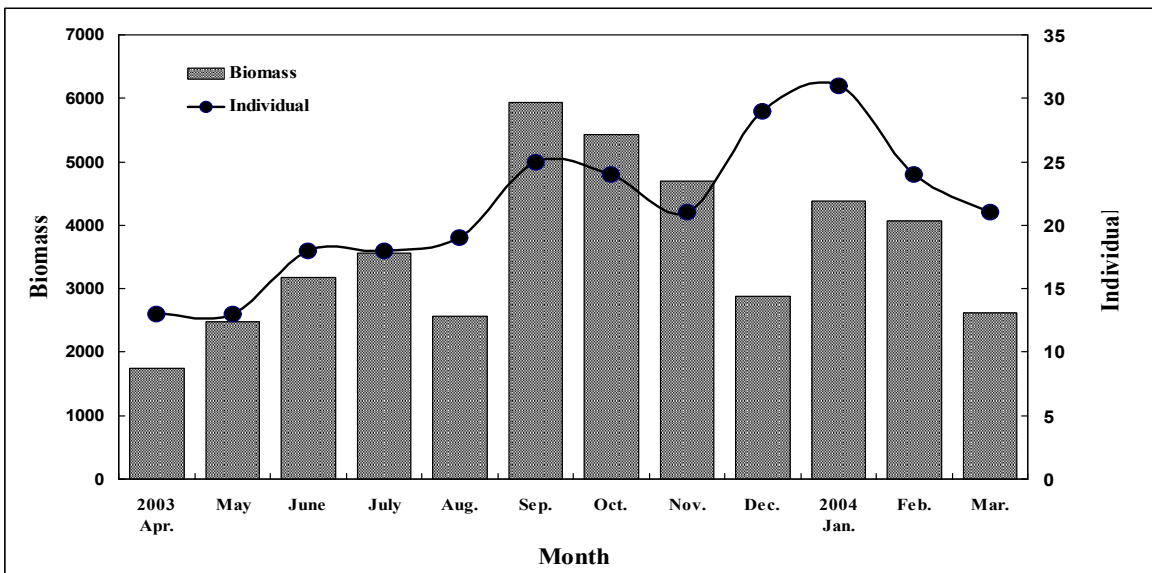


그림 4-17. 여수에서 자망으로 채집된 어류들의 월별 개체수, 생체량의 변화.

(다) 이각망

이각망에서 출현한 어류는 27종으로 그 중 감성돔이 전 기간동안 출현하였다. 송어, 전어, 조피볼락, 볼락, 주둥치, 전갱이 등도 연간 연속적인 출현을 나타내었다. 쥐노래미, 방어등 은 비교적 적은 기간동안 나타났다.

이각망에서 채집된 어류의 종조성과 우점도를 살펴보면 출현 개체수에서는 다른 어구에 비하여 극 우점하는 종은 없었고 감성돔이 275개체가 출현하여 전체 출현 개체수의 16.29%를 차지하여 우점하였고 다음으로 송어가 190개체 11.26%를 그리고 전어가 178개체 10.55%를 나타내었다. 주둥치, 농어, 전갱이, 점농어, 아귀 등이 비교적 많은 부분을 차지하였다. 생체량은 송어가 100.89kg으로 36.80%로 우점하였고 다음으로 농어가 46.99kg(17.14%), 아귀가 22.65kg(8.26%), 감성돔이 19.93kg(7.27%)순으로 우점하였다.

(라) 감성돔 자원조사

조사지점에서 감성돔의 노력당 어획량자료를 이용하여 자원량을 추정하였다. 어획개체수와 어획량을 자료로 하여 Leslie 모델로 추정된 어획능률은 각각 0.0566과 0.0582로서 초기 자원 마리수와 자원량은 각각 약 543마리와 약 3872.68 g로 추정되었다.

나. 어탐조사

2003년 5월과 9월, 2004년 2월의 3회에 걸쳐 같은 해역에 있어서의 어군의 분포를 체적산란강도(SV)를 이용하여 파악한 결과, 5월에는 전체적으로 고르게 어군이 분포하였으며, 특히 금오도 남서쪽에 고밀도의 어군이 관찰되었다. 9월에는 안도 서쪽과 개도 해역에서 국소적으로 고밀도의 어군이 관찰되었으나, 전체적으로 5월에 비하여 어군의 분포가 적어진 것을 관찰할 수 있었다. 한편 2월에는 개도의 남쪽과 소리도의 동쪽해역에 다소 농밀한 어군이 분포하고 있었으나, 5월과 9월에 비해 밀도가 현저하게 적게 분포하고 있음을 알 수 있었다.

(1) 2003년 5월 음향조사

고밀도 어군은 금오도 서쪽, 특히 남서해역에 높은 밀도의 어군이 많이 분포하고 있는 것으로 나타났으며, 그때의 SV 분포는 -60dB~-53dB로 나타나 풍부한 어족자원이 분포하고 있는 것으로 나타났다.

(2) 2003년 9월 음향조사

어군은 금오도 동쪽이 서쪽에 비교하여 폭넓게 분포하는 것으로 나타났으며, 그때의 SV는 -80dB~-70dB로 나타났다. 한편 국소적으로 고밀도 어군이 출현한 해역은 개도 남동 및 안도의 서쪽해역에서 관찰되었다. 이때의 Sv는 각각 -55dB~-50dB, -68dB~-60dB

로 나타났다.

(3) 2004년 2월 음향조사

고밀도 어군은 개도의 남쪽과 소리도의 동쪽해역에 분포하고 있었으나, 5월과 9월에 비해 밀도가 현저하게 적게 분포하고 있음을 알 수 있었다.

(4) 문제점 및 개선 방향

어군탐지기에 의한 조사와 동시에 샘플링기구(어구)에 의한 채집이 이루어져 출현 어종에 대한 데이터의 직접적 수집이 필요하다. 또한 동해역의 생태학적 환경요소로서 동식물 플랑크톤의 분포특성으로 파악할 필요성이 있다. 일반적으로 어군탐지기는 38kHz, 120kHz, 200kHz의 다주파수를 이용하여 데이터를 수집할 경우, 대상생물의 크기에 따라 특정주파수에서 잘 반사되는 특성을 가지고 있다.

다. 잠수조사

전남 다도해형 목장 해역의 전반적인 연안 환경 및 해저 지형을 어탐으로 분석하였으며, 그 중 비교적 수산 어종의 자원량이 많거나 바다목장 해역의 범위를 정하는데 있어 수중생태조사가 필요할 것으로 판단된 곳을 중심으로 수중조사를 실시하였다.

2003년 6월과 2004년 1월에 안도의 여섯 정점에서 관찰된 어종은 총 29종이었고, 2003년 7월부터 9월까지 금오도의 네 정점에서 확인된 어종은 총 23종이었다. 전체적으로는 총 18과 35종이었고, 분류체계별로 어종 목록을 정리하면 다음과 같다.

Order Scorpaeniformes 양볼락목

Family Scorpaenidae 양볼락과

1. *Hypodytes rubripinnis* (Temminck et Schlegel) 미역치
2. *Sebastes inermis* Cuvier 볼락
3. *Sebastes schlegeli* Hilgendorf 조피볼락^{안도}
4. *Sebastes thompsoni* (Jordan et Hubbs) 불볼락^{안도}
5. *Sebastes vulpes* Steindachner et Döderlein 누루시볼락^{안도}
6. *Sebasticus marmoratus* (Cuvier) 솜뱅이^{금오도}

Family Platycephalidae 양태과

7. *Platycephalus indicus* (Linnaeus) 양태

Family Hexagrammidae 쥐노래미과

8. *Hexagrammos agrammus* (Temminck et Schlegel) 노래미
9. *Hexagrammos otakii* Jordan et Starks 쥐노래미

Family Cottidae 독중개과

10. *Pseudoblennius cottoides* (Richardson) 가시망둑^{안도}

Order Perciformes 농어목

Family Serranidae 바리과

- 11. *Epinephleus akaara* (Temminck et Schlegel) 붉바리
- 12. *Epinephleus bruneus* Bloch 자바리^{금오도}
- 13. *Epinephleus septemfasciatus* (Thunberg) 능성어^{안도}

Family Sillaginidae 보리멸과

- 14. *Silago* sp. 보리멸류^{안도}

Family Carangidae 전갱이과

- 15. *Seriola dumerili* (Risso) 갯방어^{금오도}

Family Sparidae 도미과

- 16. *Acanthopagrus schlegeli* (Bleeker) 감성돔

Family Kyphosidae 황줄감정어과

- 17. *Girella punctata* Gray 뱃에돔

Family Oplegnathidae 돌돔과

- 18. *Oplegnathus fasciatus* (Temminck et Schlegel) 돌돔

Family Embiotocidae 망상어과

- 19. *Ditrema temnicki* Bleeker 망상어^{금오도}
- 20. *Neoditrema ransonneti* Steindachner 인상어

Family Pomacentridae 자리돔과

- 21. *Chromis notatus* (Temminck et Schlegel) 자리돔

Family Labridae 놀래기과

- 22. *Halichoeres poecilopterus* (Temminck et Schlegel) 용치놀래기
- 23. *Halichoeres tenuispinnis* Günther 놀래기
- 24. *Pseudolabrus japonicus* (Houttuyn) 황놀래기
- 25. *Semicossyphus reticulatus* (Valenciennes) 흑돔

Family Pinguipedidae 양동미리과

- 26. *Paraperis sexfasciata* (Temminck et Schlegel) 쌍동가리^{안도}

Family Tripterygiidae 먹도라치과

- 27. *Enneapterygius etheostomus* (Jordan et Seale) 가막베도라치^{안도}

Family Blenniidae 청베도라치과

- 28. *Petrosirtes breviceps* (Valenciennes) 두줄베도라치^{금오도}

Family Gobiidae 망둑어과

- 29. *Istigobius hoshinonis* (Tanaka) 비단망둑^{금오도}
- 30. *Pterogobius elapoides* (Günther) 일곱동갈망둑
- 31. *Sagamia geneionema* (Hilgendorf) 바닥문절
- 32. *Cryptocentrus filifer* (Valenciennes) 실망둑
- 33. Gobiidae sp. 망둑류^{안도}

Order Tetraodontiformes 복어목

Family Monacanthidae 쥐치과

34. *Stephanolepis cirrhifer* (Temminck et Schlegel) 쥐치

35. *Rudarius ercodes* Jordan et Fowler 그물코쥐치^{안도}

(1) 안도

안도의 동쪽과 남쪽은 큰 암반, 수중여가 있는 해안이 있고 그 사이를 수심이 얇은 만으로 형성되어 있다. 이 두 암초대에는 바위가 잘 형성되고 주요 수산 어종이 많이 출현한다. 섬의 서편에는 대부도, 소부도와 마주보고 있는데 수심이 얇고 바위가 잘 발달하지 않아 밋밋한 해안을 형성하며 가두리 양식장들이 설치되어 있다. 그리고 안도의 북쪽은 암반이 잘 발달하지 않아 밋밋하고 20~30m 수심에서 필로 이어지며 연안에는 마을이 형성되어 있다.

2003년 6월과 2004년 1월에 실시한 안도의 여섯 정점에서 수중 조사에 의해 확인된 어종은 총 29종이었다. 정점별로는, 안도의 가장 북쪽에 위치한 정점 A(반성수도)에서 2번의 조사를 통해서 가장 많은 21종이 확인되었다. 섬 남쪽의 정점 D(이야포)에서 2번 조사에서 16종이 관찰되었다. 그 다음으로 안도의 서쪽에 위치한 정점 B(동고지)와 정점 C(칼바위)이 12종이 출현하였다. 안도의 동쪽에 있는 소부도와 금오도 사이의 정점 F(소부도)에서 10종이 확인되었다. 마지막으로 정점 E(대부도)에서는 2004년 1월 조사에서 7종이 확인되었다.

정점 A: 이 조사 정점은 안도의 북쪽 끝에 위치하고, 반성수도를 사이로 조삼서를 바라보고 있다. 주요 어류의 출현 양상은 7~18cm 크기의 볼락이 약 30마리, 20cm 크기의 누루시 볼락이 1개체 관찰되었다. 다른 정점들과 비교해서 이곳은 21종으로서 가장 많은 어종이 조사되었다. 이것은 어초에 의한 어류의 위집 효과와 더불어 모래 바닥에 서식하는 종들이 합쳐졌기 때문이라고 추정된다.

정점 B: 이 정점은 동고지라고 불리며, 안도의 서쪽 끝에 위치하고 바위가 잘 발달한 곳이다. 수심 10m 정도에서 수 백 마리의 자리돔과 볼락이 함께 무리를 이루었고, 뱀고기가 개방된 중층을 유영하였지만 다른 어류들은 잘 관찰되지 않았다. 다양한 크기의 용치놀래기, 놀래기, 황놀래기 및 흑돔 등은 바위나 암반이 잘 발달한 곳에서 몇 마리씩 무리를 지었고, 노래미류와 미역치는 어떤 물체에 기대어 있었다. 그리고 모래질로 이루어진 바닥에는 양태들이 보호색을 띠고 숨어 있었다.

정점 C: 이 정점은 칼바위라고 불리며, 안도의 서남쪽에 위치하고 동고지와 마주하고 있다. 골 바깥쪽을 따라서 10cm 전후의 자리돔과 인상어가 무리를 짓고 있었고, 골의 더 안쪽으로는 전장 3m 내외의 불볼락 새끼들이 수 백 마리 무리가 조사되었다. 그리고 바위틈 사이에서 볼락, 놀래기류, 흑돔 등이 몇 마리씩 발견되었다.

정점 D: 안도의 남쪽에 위치한 이야포만에서 수중 조사를 실시하였다. 수심 3m 부근

에서 자리돔과 인상어 무리와 뱀에돔과 돌돔이 소수 관찰되었다. 6m 정도에서는 해조류가 전혀 없었고 보라성게 새끼들이 많았다. 또한 바닥문질, 놀래기류, 노래미가 바위 밑이나 사이의 은신처에서 유영하였다. 2004년 1월에는 이야포만의 동편에서 조사를 실시하였다. 수심 4~10m까지 돌이 잘 발달하지만 큰 굴이나 바위는 별로 없었다. 군데군데 테트라포트 잔해들이 있었고 백화 현상이 나타났다. 전장 7~15cm의 볼락 11마리와 18cm 크기의 쥐노래미가 1개체 조사되었다.

정점 E: 이 정점은 안도의 서쪽에 있는 대부도의 방파제 위치이다. 이 곳은 다른 정점과 달리 인공 구조물로서 테트라포트가 놓여진 틈 사이 사이에 많은 어종들이 조사되었다. 흑돔 치어가 틈 사이에서 겨울을 나고 있었으며, 27~30cm의 감성돔 2마리와 7~18cm 크기의 볼락이 30마리 가량 관찰되었다.

정점 F: 이 정점은 안도에서 서쪽으로 조금 떨어진 소부도의 북쪽 해안에서 금오도 사이의 위치한다. 인접한 대부도는 해저 지형이 밋밋하고 바위가 발달하지 않은 반면 소부도는 수심이 얇고 바위가 잘 발달한다. 수심 8~10m에서 돌돔, 흑돔, 자리돔 및 볼락 등이 무리 혹은 소수의 개체로 유영하고, 그 이하 수심의 바위틈 사이에서 놀래기류, 쥐노래미 등이 관찰되었다. 또한 모래 바닥에서 바닥문질과 양태가 확인되었다.

안도 해역에서 조사된 어종 중에서 주요 수산어종으로는 볼락, 감성돔, 뱀에돔 및 돌돔이 있다. 단위 면적(100m²)당 개체수로 환산해보면, 볼락이 93.58~128.98개체로 가장 많았고 뱀에돔이 9.74~14.9개체였다. 2004년 1월 조사에는, 100m²당 출현 개체수로 환산해보면, 볼락은 56.15개체, 감성돔은 1.54개체로 조사되었다(표 4-1).

표 4-1. 안도 주변 해역의 주요 수산어종 자원량

Date	June 2003		
Total investigation area(m ²)	390m ²		
	TL(cm)	Total No. of Indi.	No. of Indi./100m ²
<i>Sebastes inermis</i>	5 ~ 15	365 ~ 503	93.58 ~ 128.98
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	30 ~ 45	4	1.03
<i>Girella punctata</i>	15 ~ 30	38 ~ 58	9.74 ~ 14.9
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	8 ~ 20	3	0.77
Date	January 2004		
Total investigation area(m ²)	130m ²		
	TL(cm)	Total No. of Indi.	No. of Indi./100m ²
<i>Sebastes inermis</i>	7 ~ 18	73	56.15
<i>Acanthopagrus schlegeli</i>	27 ~ 30	2	1.54
<i>Girella punctata</i>	-	-	-
<i>Oplegnathus fasciatus</i>	-	-	-

(2) 금오도

금오도의 일반적인 해안 환경 및 해저 지형에 대해서 살펴보면, 금오도의 서편과 동편은 뚜렷한 차이점을 가진다. 금오도의 서쪽은 비교적 바위, 여, 돌등이 잘 발달하여 각종 어류들의 서식처가 많고, 감성돔 등의 회유성 어종들이 자연초에 반응하기 때문에 낚시꾼들이 많이 모인다. 그러나 동쪽은 단조로운 해저 지형을 가지고 수심 10m 이하의 수심에서는 모래 바닥으로 연결되어 밋밋하다. 따라서 이곳은 낚시꾼이나 다이버들이 별로 없다.

2003년 7월부터 9월에 걸쳐 실시한 금오도 네 정점에서 수중 조사에 의해 확인된 어종은 총 23종이었다. 정점별로는, 금오도의 가장 서쪽에 위치한 정점 1(용머리)에서 11종이 조사되었고, 섬의 동쪽 중간쯤에 위치한 정점 2(형제도)에서 가장 적은 9종이 출현하였다. 그리고 정점 3(동남단)은 금오도의 최동남 끝에 위치하며 15종의 가장 많은 어종이 출현하였다. 마지막으로 정점 4(월포)는 섬의 서편 중간에 위치하며 이곳에서는 10종이 조사되었다.

정점 1: 이 조사 정점은 금오도의 서쪽 끝인 용머리에 위치한다. 15~20cm 크기의 불락 3마리와 20cm의 쏘뱅이 2마리가 확인되었다. 또한 수심 11m의 돌 사이로 유영하는 15cm 크기의 붉바리를 1마리와 25cm급 돌돔 1마리가 관찰되었다. 특히 이곳은 늦가을에서 겨울까지 감성돔이 바위굴에 반응하며 많이 서식하는 곳이다.

정점 2: 이 정점은 금오도 동쪽의 형제도와 후서 사이에 위치한다. 수심 8m에는 편평한 암반이 발달하고 암반 위에는 부니가 내려앉아 있었고, 5m에서도 편평한 암반 위에 돌이 많고, 이 수심부터 비로소 모자반이나 다른 홍조류들이 조금 분포하였다. 주로 놀래기류, 망상어 및 인상어 등이 관찰되어 어류상이 빈약하였다. 수심 5m에서 8cm 크기의 감성돔 치어 3마리와 15cm의 불락 2마리가 관찰되었다.

정점 3: 이 정점은 금오도의 최남동쪽에서 반성수도와 접한 곳이다. 7.5m에는 모래바닥에 돌이 군데군데 위치하고, 6m에는 크고 작은 돌들이, 3.3m에서는 포개진 돌이 많았다. 수심 7.5m의 모래바닥에는 쥐치, 비단망둑 및 양태가 관찰되었고 수심 3.3m의 포개진 돌 틈에서는 15cm 크기의 벵에돔이 반응하였고, 상층에는 갯방어와 인상어가 유영하였다.

정점 4: 이 정점은 금오도 서쪽의 월포 앞 여에 위치한다. 수심 12m 아래로는 모래바닥이었고 9~11m 사이에 바위 틈새나 굴들이 잘 발달하였다. 또한 수심 8m에서는 여러 개의 봉오리가 형성되어 있었다. 전장 8~10cm의 불락이 주로 직벽에 20~30마리씩 무리를 지었고 좀 더 큰 15cm급의 불락 10마리 정도가 바위틈이나 굴 틈에 숨어서 무리를 이루었다. 모래바닥에는 양태와 바닥문절이, 바위 위나 틈에서는 놀래기류, 자리돔 및 쥐노래미가 서식하였다.

(2) 수중 구조물

전남 다도해형 바다목장 해역내 각종 수중 구조물에서의 자원 조성 모니터링은 이번 년도부터 시작하였다.

(가) 강제어초

총 12종의 어류가 조사되었는데, 어초 안쪽에는 주로 불락류가, 바깥쪽에는 꼬치고기류, 전갱이 및 줄도화돔이 관찰되었다. 또한 35cm 크기의 참돔과 15~20cm 크기의 돌돔이 어초에 반응하였고, 중층에는 전장 6~10cm의 전갱이와 꼬치고기류 새끼들이 무리를 지어 유명하고 있었다.

(나) 세라믹어초

소리도 남동쪽 소룡단에 설치된 세라믹어초 1월 조사시, 세라믹 판 위에는 가는 니질이 덮혀 있었고 13~16cm 범위의 불락 2마리와 5~9cm 크기의 미역치 2마리가 관찰되었다. 또한 4월 조사에서는 11~15cm 크기의 불락이 8마리, 불불락이 1마리 관찰되었다. 금오도 용머리에 시설된 세라믹 어초에서는 1월 조사시 어초의 철제 구조물은 녹 쓸기 시작하였고 어류는 관찰되지 않았다. 또한 금오도 동편 소항도에 설치된 세라믹 어초 1월 조사시 6cm 크기의 망둑어류 1마리만 조사되었다.

라. 이각망 실태 및 개선 방안

(1) 환경

(가) 수온

월별 수온 분포를 조사한 결과 5월에 17.5℃에서 점차 수온이 상승하여 8월에 25.7℃였고, 9월부터는 24.5℃, 10월에 19.8℃로 하강하기 시작하여, 익년 2월에 6.2℃로 최저 수온을 보였으며, 3월부터는 다시 상승하여 4월에 13.1℃를 나타내었다.

(나) 염분

월별 염분 분포는 5월에 32.3‰를 보였고, 그 후 6월부터는 점차 수치가 떨어져 8월에 29.0‰로 하강하기 시작하였으나 9월부터 상승하기 시작하여 1월에 33.2‰로 가장 높은 염분 농도를 보였으며, 다시 염분 수치가 떨어져 3월과 4월에 31.0‰과 31.1‰을 나타내었다.

(2) 금오도 연안 이각망 실태

현재 금오도 연안에 분포하고 있는 이각망은 양지포부터 굴등 부근에 6곳의 이각망이 어장이 있고, 형제도 앞 먼목 부근에 3곳의 어장과 더불어 금오도 연안 전 지역에 어장이

(3) 어류목록 및 종조성

어류는 총 1장 11목 35과 53종으로 총개체수와 총생체량은 각각 2,388개체, 392.13kg 이었다. 채집된 어류 중 농어목이 15과 23종으로 가장 많이 나타났고, 다음으로 썸뱅이목이 5과 8종, 가자미목이 3과 5종으로 이들 3목에 포함된 어류가 총 31종으로 전체 출현종수의 67.9%를 차지하여 가장 우점하는 목들로 나타났다. 금오도 연안에서 채집된 어류의 월별 출현량을 보면, 6월에는 7목 18과 22종으로 개체수는 377개체, 생체량은 30.46kg으로 가장 많은 개체수가 출현하였고(그림 4-20), 이달에 우점한 종은 감성돔이 87개체, 4.10kg으로 가장 우점하였다. 12월에는 6목 15과 20종으로 160개체에 생체량은 95.13kg이 나타났다. 이는 겨울철에 아가씨물메기와 꼼치의 출현으로 생체량이 크게 증가하는 것을 보여주었다. 2월에는 6목 10과 10종으로 64개체, 8.49kg 이 나타나 가장 적은 개체수와 생체량을 보여주었다. 이달에는 청어가 36개체, 3.42kg으로 가장 우점하였다.

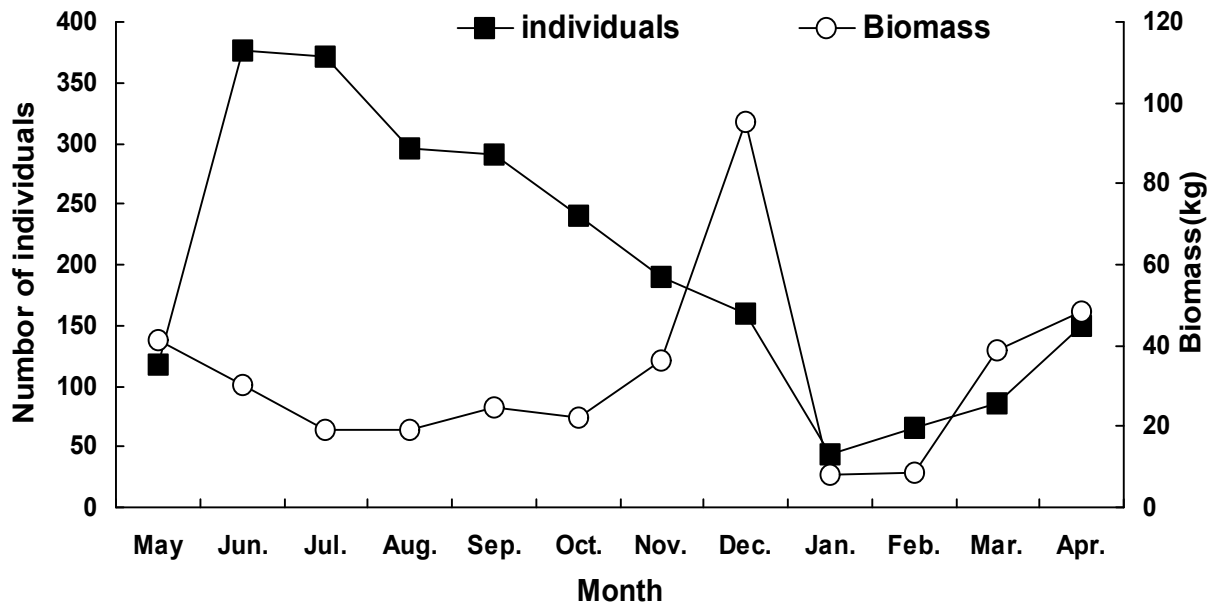


그림 4-20. 금오도 연안 해역에서 이각망에 채집된 월별 어류의 개체수와 생체량.

금오도 연안에서 이각망에 의해 채집된 어류 중 우점종이었던 감성돔은 별도로 체장·체중 조사(빈도)를 실시하였다. 5월부터 체장과 체중이 점점 늘어나는 것을 알 수 있었고, 1월에 다시 작은 개체들이 출현하는 것으로 나타났다. 즉 감성돔의 체장·체중 조성을 통하여 1월부터 작은 개체수가 나타나 점점 개체수와 체중의 평균에 비례하여 증가되는 것을 확연히 알 수 있었다.

마. 유전자원조사

방류해역의 gene impact를 monitoring 하고, 방류한 감성돔 및 돌돔의 유전학적 특성

을 분석하기 위한 1차적인 접근 방법으로 RAPD 분석 실시하였다. 감성돔의 근육으로부터 분리·정제한 96개체의 genomic DNA 시료를 10-mer로 이루어진 30개의 random primer를 사용하여 각 집단의 유전적 특성을 분석한 결과, 12개의 primer에 대해서 다형을 보이는 DNA 단편을 확인하였다(그림 4-21, 22).

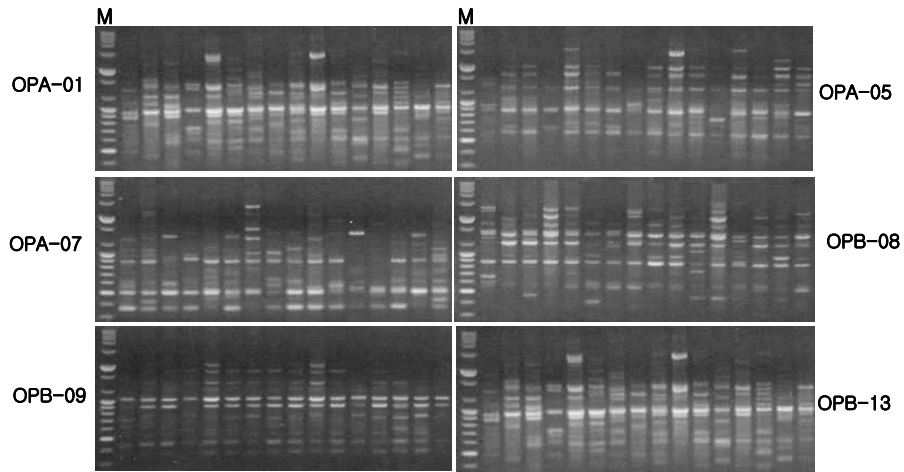


그림 4-21. 방류 감성돔의 RAPD 특성 I.

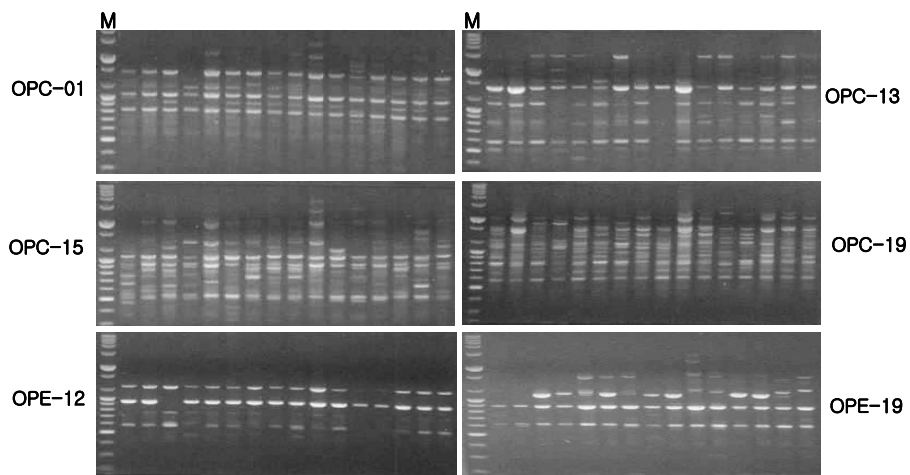


그림 4-22. 방류 감성돔의 RAPD 특성 II.

제 5 장 바다목장 이용 · 관리 기술

제 1 절 서 론

본 장에서는 우선 바다목장 이용관리 실태에 대하여 투자실적과 어업자원조성 실적을 분류하여 정리하였고, 수산업 실태항목에서는 어업인구 및 어선세력, 수산생산 기반시설 및 어장인허가 그리고 어촌계에 대하여 조사 및 분석하였다. 또한 바다목장 이용관리 실태는 어획실태와 유어낚시 실태로 구분하여 정리하였고, 어업경영실태는 조사개요와 어업경영 그리고 어가수지로 나누어서 조사하였다. 여수 다도해 바다목장 마스터플랜 수정안은 수역범위와 바다목장 모델, 투자계획으로 나누어서 정리하였으며, 바다목장 이용관리체제구축에서는 보호수면 지정과, 수산자원관리수면 지정, 어업인 자율관리위원회 구성 그리고 어업인 홍보로 나누어서 정리하였다. 바다목장산 어획물 유통체계 구축에서는 유통실태 현황과 그에 따른 분석, 시장경쟁력 평가와 유통체계 구축이라는 4가지 항목으로 정리하였다. 마지막으로 유어낚시 및 관광이용 실태는 직·간접적인 효과를 분석하여 정리하였다.

다음으로는 전남 다도해형 바다목장 마스터플랜의 재수립을 위하여 우선 사회경제적 사전 타당성 분석결과를 토대로 사업모델 및 범위를 설정한 후 사업주체 범위 및 역할을 설정하는 등 사업주체 선정기준을 마련하여 한해 동안 실행한 후 나타난 문제점들을 수렴하여 마스터플랜을 재수립하였다. 또한 각종 정부의 관련계획과 연계하여 사업비 조달 및 정부투자방안을 수립하였다.

바다목장 이용관리체제구축을 위해서는 전남 다도해형 바다목장 인근의 어업인들을 중심으로 하고 행정적 또는 기술적 자문을 위해 국립수산과학원 남해수산연구소, 전라남도, 여수시 및 여수지방해양수산청의 관련 공무원이 참여하는 “전남 다도해형 바다목장 자율관리위원회”를 구성·운영하도록 하였으며, 어업인의 자율적인 참여를 유도하기 위해서 “공동관리위원회”를 운영방안을 마련하여 “공동관리위원회”를 구성하였으며, 바다목장 구역내에 보호수면을 지정하도록 하기 위하여 초기단계인 수산자원관리수면으로 지정하여 사업을 진행하였다. 한편, 어업인을 대상으로 바다목장에 대한 홍보물을 제작하여 어업인에게 바다목장에 대한 홍보를 진행하였으며, 설명회, 보고회를 통하여 어업인에게 바다목장의 진행상황 등을 알려주고, 바다목장의 취지를 교육하였다.

바다목장산 어획물 유통체계 구축은 바다목장 어획물의 부가가치 제고를 위하여 유통체계를 분석하고 상품화계획을 수립하는 방안으로 연구가 진행되었으며, 먼저 바다목장산 어획물의 지역별 유통실태와 전국적 유통실태를 조사하였으며, 어획물의 취급추이와 구매형태 그리고 가격에 대한 조사를 진행하였다.

제 2 절 바다목장 이용관리 실태조사

1. 수산업 실태

조사대상지역인 여수는 총어가수가 10,005호 이며 36,644명이 어업에 종사하고 있으며 총 123개 어촌계가 있으며, 전남 다도해형 바다목장의 권역 안에 속해있는 어촌계는 23개이다.

가. 어업인구 및 어선세력

(1) 어가수 및 어업인구

어가수의 현황을 보면 여수지역 전체 100,917 가구수의 약 9.9%에 해당하는 10,005호 이며 어가인구는 전체의 310,350명의 11.8%에 해당하는 36,644명이 어업에 종사하고 있다. 그 중에서 23개 어촌계에서 해당하는 어가수는 전체 가구수의 2.0%에 해당하는 1,559 가구(15.5%)이다. 바다목장 해역의 어업인구는 4,8612명으로 여수지역 어업인구 36,644명의 13.3%이다.

(2) 어선세력

여수지역의 전체 어선수는 동력선 6,698척과 무동력선 321척을 포함하여 총 7,019척이다. 무동력선을 제외한 동력선 6,698척의 총톤수는 37,950톤이다. 어선척수별, 톤수별로 분류하여 보면 1톤 미만은 전체의 17.5%인 1,174척이었고 총톤수는 2.2%인 819톤이었으며, 1톤이상~5톤미만은 가장 높은 65.3%인 4,376척이었으며 총톤수는 40.3%인 15,316톤이었다. 5톤이상~10톤미만의 경우 어선척수는 전체의 12.1%인 812척에 총톤수는 16%인 6,090톤이었다. 10톤이상~20톤미만의 어선척수는 1.1%인 77척에 총톤수는 2.6%인 970톤이었다. 20톤이상~50톤미만은 2.0%인 135척에 총톤수는 11%인 4,010톤이었고, 50톤이상~100톤미만의 어선수는 1.8%인 119척에 총톤수는 24.8%인 9,425톤이었다. 100톤이상의 어선수는 0.1%인 5척이었으며 총톤수는 3.5%인 1,320톤이었다.

나. 어업인허가

여수 전지역의 어업허가 건수는 총 9,149건이면 이 중에서 연안어업허가가 차지하는 비중이 가장 높는데, 전체어업허가 건수의 61%에 해당하는 5,578건이고, 그 다음으로 신고어업허가 건수가 전체의 35.2%인 3,224건이며, 마지막으로 근해어업허가 건수는 3.8%인 347건으로 조사되었다.

(1) 근해어업허가 현황

근해어업허가 현황은 표와 같이 2001년부터 2003년도까지를 서로 비교하였다. 먼저 전체 어업의 허가건수에 대해서 알아보면, 2001년도의 허가건수는 347건에서 2002년도에는 267건으로 80건이 줄어들었으며, 2002년도에 비하여 2003년도에는 296건으로 29건이 늘어난 것으로 조사되었다.

(2) 연안허가, 구획어업, 신고어업 현황

연안어업, 신고어업 그리고 구획어업에 대한 허가 건수는 전반기말에 총 9,517건으로 작년에 비하여 66건 늘어난 것으로 조사되었다.

연안어업 유효건수는 복합이 3,485, 자망 786, 통발 381, 개량안강망 2, 양조망 40, 들망 41건으로 총 4,735건이었고, 신고어업은 맨손어업 3,192건, 나잠어업 174건으로 총 3,366건으로 조사되었다. 정치성 구획어업은 각망이 299, 낭장망 194건으로 493건이 유효한 것으로 조사되었으며, 이동성 구획어업의 경우는 형망이 48건, 새우조망이 292건으로 총 340건이 유효한 것으로 조사되었으며, 낚시어선업의 경우는 137건으로 조사되었다. 연안어업 유효건수는 9,071건으로 전년도의 9,653건에서 582건이 줄어든 것으로 조사되었다.

다. 수산생산 기반시설 및 수산물가공

여수지역의 수산생산 기반시설로는 어항시설이 196개소이며, 총 길이는 47,310m이다. 전체 어항시설 중 국가어항이 6개, 지방어항이 13개, 어촌정주어항이 177개인데, 이 숫자는 전체 전남의 어항시설 1,080개의 약 18%에 해당한다. 또한 항만은 2개소가 있는데, 여수항의 경우는 무역항으로서, 거문도항의 경우는 연안항으로서 이용되고 있다.

여수지역 수산물 가공품 생산량은 2001년도에 33,644 M/T, 94,568백만원에 비해 2002년도에는 34,746M/T으로 전년도에 비하여 약 3%정도 늘었으며, 금액으로는 9%가량 증가한 103,895백만원으로 조사되었다.

(1) 바다목장 권역내 어촌계의 어업권현황

바다목장 권역내에 있는 23개의 어촌계의 어업권 현황은 해조류양식이 11건으로 전년도의 12건에 비하여 1건이 감소했으며, 면적은 135ha로 전년도에 비하여 10ha감소된 것으로 조사되었다. 패류양식은 52건에 649ha의 면적으로 전년도와 비교하여 건수는 같지만 면적만 5ha 감소하였다. 다음으로 어류 등 양식은 36건으로 전년도의 33건에 비하여 3건이 증가하였으며, 면적은 156ha로 전년도에 비하여 22ha 증가된 것으로 조사되었다. 마을어업은 34건에 985ha로 전년도와 틀려진 것이 없다.

23개 어촌계에서, 허가건수가 가장 많은 어업은 52건인 패류양식 이었고, 어업 허가 면적이 가장 큰 어업은 마을어업으로 985ha이다. 해조류양식 어업권현황은 여수지역의

전체 양식현황 중에 가장 큰 건수인 전체 12건 중에 11건이 권역내의 어촌계에서 진행되고 있다.

(2) 해역내 어선세력

해역내에서 어선 척수가 가장 적은 곳은 두모로 총 13척이 있고, 가장 많은 어선세력을 보유하고 있는 어촌계는 화태로 총 1,157척의 11.6%를 차지하는 화태어촌계이다. 또한 화태어촌계는 동력선이 전체 1,090척 중 11.8%인 129척의 어선을 보유하고 있으며, 무동력선을 가장 많이 보유하고 있는 어촌계는 해역전체 67척의 16.4%인 11척을 차지하고 있는 화산어촌계이다. 또한 무동력선이 전혀 없는 어촌계는 서고지 어촌계로 조사되었다.

(3) 해역내 어촌계의 수산물생산실적 및 평균소득

우선 어촌계 어가의 평균소득은 전체 어촌계의 어가 평균소득인 19,149천원 보다 적은 18,800천원으로 조사되었다. 또한 여수전체 수산물생산실적 물량이 58,713톤인데 해역내 어촌계의 수산물생산실적은 전체의 14.6%에 해당하는 8,561톤이며, 생산금액은 전체 183,225백만원인데, 이 중에서 해역내 어촌계에서 생산하는 금액은 24.4%를 차지하는 44,790백만원으로 조사되었다.

2. 바다목장 이용관리 실태

가. 어획실태

바다목장 해역내 어획은 참돔, 볼락, 조피볼락, 감성돔, 돌돔, 송어, 방어, 삼치, 농어, 장어, 기타어종으로 나누어서 어획량을 비교하여 보았다. 전남 다도해형 바다목장 해역에서 가장 많이 어획된 어종은 장어로 10.4kg의 어획량을 보였으며, 다음으로 조피볼락이 7.8kg의 어획량을 보였다. 전남 다도해형 바다목장의 주어종인 감성돔의 경우는 6.0kg의 어획량을 보이고 있는 것으로 조사되었으며, 어촌계 어업인들의 1년 평균 어획량은 2,389.44kg인 것으로 추정되었다.

나. 바다목장해역 이용실태

바다목장 해역내의 이용관리 실태는 본격적으로 이루어지지 않고 있는 상황이다. 현재 유어낚시객, 전문적으로 치어만을 어획하는 어업인들 그리고 불법 이각망, 불법어선 등 해역내에 많은 이용관리에 어려움이 나타나고 있다. 즉 바다목장해역의 생산 및 자원관리 과정에서 나타나는 문제점은 대략 6가지 원인을 들 수 있겠는데, 업종간 경합, 자원남획, 불법어업 등이 있다. 특히 외줄낚시어업과 대상어가 비슷한 자망어업, 낚시객, 통발어업 등이 외줄낚시어업과 경합할 수 있다는 것이다.

첫째, 자망어업의 경우 외줄낚시어업과 대상어종이 경합될 뿐 아니라 폐어망이 인공어

초 등 자원조성시설을 둘러싸므로 자원조성에도 영향을 크게 미칠 수 있으며, 어획강도가 상대적으로 높아 조성자원을 일시에 감소시켜버릴 우려가 있다.

둘째, 낚시객의 경우 이전에는 낚시객들이 대부분 지역에서 숙식을 해결하고 낚시에 소요되는 대부분의 물품을 구입하므로 지역 경제에 어느 정도 도움이 되었으나 지금은 출조시 대부분의 물품을 미리 준비하고, 지역에서는 낚시선을 이용하는 정도가 대부분으로 지역경제에 도움이 되지 못하고 있는 실정이다. 또한 이들은 감성돔, 참돔, 볼락 등 고급어를 대상으로 어획을 하고 있어 외출낚시어업과 어종경합이 발생하고 있으며, 과도한 밀밥 사용에 의한 바다의 오염, 낚시과정에서 투기되거나 유실되는 낚에 의한 환경오염 등의 문제가 발생하고 있는 상황으로 어업인들이 이들을 어장과 자원에 대한 경쟁자로 인식하는 경향이 증대되고 있는 현실이다.

셋째, 통발의 경우는 치어에 대한 선별적 조업이 불가능하기 때문에 어업인 스스로가 통발에 든 유치자어를 방류하여야 함에도 불구하고 어획과 판매가 이루어지고 있다. 게다가 바다목장에서 종묘 방류시에 양식어업자들이 통발을 사용해 치어를 잡아 가두리에 입식하거나 양식장에 치어로 판매하는 경우가 많고, 조업과정에서 발생할 수밖에 없는 폐통발로 인한 폐해가 있다.

넷째, 정치망과 각망 등 정치성 구획어업의 경우로 어구가 지선에서부터 설치되고 있는데, 지선은 치어의 성육장 구실을 하고 있기 때문에 치어가 이들 어구에 어획될 수밖에 없으며 어획된 치어가 재방류되지 않고 시장에서 판매되고 있다.

다섯째, 볼락의 경우 체포금지체장이 15cm 이하로 수산자원보호령 10조에서 규정하고 있음에도 불구하고 시장에서 판매되고 있으며, 선어상태로 시장에서 판매되고 있는 볼락의 경우는 대부분이 규정 이하의 체장으로 자연산도 상당수 판매되고 있다.

여섯째, 바다목장 해역외 어업인 이용실태로 바다목장사업으로 인하여 자원조성이 잘 이루어짐에 따라 바다목장 해역외의 어업인들이 단속을 피해 주로 야간에 바다목장 보호수역에서 불법어업을 하고 있다. 또한 어업을 목적으로 하는 어선들 외에 유어낚시를 즐기기 위한 낚시꾼들의 이용도 많은데, 이들은 아직까지 동 해역이 바다목장 해역임을 정확히 알지 못하고 있으며 보호수면이 지정되어 있다는 사실은 더더욱 알지 못하고 있다.

전남 다도해형 바다목장인 여수해역에 유어낚시 실태는 여수지역을 방문한 유어 낚시객이 주로 찾는 낚시 포인트는 갯바위로 감성돔과 볼락을 주로 어획하고 있으며, 배를 타고 금오도 일대와 화태도 일대에서 어획을 하는 선상낚시 또한 여수해역을 찾는 유어낚시객이 자리하는 장소이다.

갯바위나 선상낚시에서 낚시를 하는 이유나 좋은 점은 조과에 대한 기대가 크다는 것이 낚시객의 주된 이유였으며, 여수지역 낚시의 좋은 점이 무엇인가에 대한 결과로 풍부한 어획량, 어종이 많다, 낚시가 용이하므로 여수지역을 찾는다고 조사되었다.

현재 여수에서는 한해 약 650,000명~700,000명 정도의 유어낚시객이 방문을 한다. 또

한 낚시점포수는 2003년 12월 현황으로 약 110개가 산재하고 있으면, 유어선수는 137척이 등록되어 있다.

3. 어업경영실태

가. 조사개요

전남 다도해형 바다목장 해역 어촌계의 어업경영실태를 파악하기 위하여 어촌계 계장과 계장을 통한 무작위 선출된 어업인을 대상으로 설문조사를 실시하였다. 선출된 어업인들은 외출낚시를 주업·부업으로 하는 어업인들 이었으며, 현지조사원들을 통한 어업인 면접조사와 연구원 현지방문을 통한 어업인 면접조사를 병행 실시하여 어업경영실태를 조사하였다.

나. 어업경영

자산 및 부채의 현황은 2002년도와 2003년도를 서로 비교하여 보았는데, 먼저 고정자산의 경우는 2002년도에 10,893천원에서 2003년도에는 19,249천원으로 증가한 것에 반하여 유동자산은 15,455천원에서 3,409천원으로 약 12,046천원이 감소된 것으로 조사되었다. 총 자산의 합계는 2002년도에 26,348천원에서 2003년도에는 22,658천원으로 3,690천원이 감소된 것으로 조사되었다.

다음은 어업인들의 부채로 고정부채는 2002년도에 17,773천원에서 14,735천원으로 약 3,037천원이 감소되었으며, 유동부채도 마찬가지로 전년도에 38,036천원에서 25,786천원이 감소된 12,250천원으로 조사되어, 총부채의 합계는 전년도에 55,809천원에서 26,986천원으로 28,823천원이 감소되었다.

(1) 외출낚시를 주업으로 하는 어업인

외출낚시를 주업으로 하는 어업인의 일년 어업생산액은 19,040천원이었으며, 어로비와 생활비를 포함한 지출비는 15,138천원으로 어업이익은 3,902천원으로 조사되었다.

(2) 외출낚시를 겸업으로 하는 어업인

외출낚시 이외에 양식업과 농업을 겸업으로 하는 어업인의 수익은 15,866천원으로 조사되었는데, 이 금액은 전년도의 10,200천원보다 5,666천원이 증가한 것이다. 이 금액은 여수시 전체 어업인의 19,018천원보다 3,152천원이 적은 금액이다. 또한 비용은 어로 및 양식(농업)을 포함한 금액으로 총 지출비용은 평균 17,454천원으로 조사되었다.

(3) 경영지표분석

주요재무지표를 보면 (-)로 표시된 항목들이 있는데 이는 자본이 "-" 상태이 있기 때

문에 나타나는 현상으로 이를 분석수치로 사용하기는 어렵다. 이 때문에 일반적으로 나타나는 수산업에 있어서의 재무비율의 특징인 고정비율이 높다는 것도 매우 낮게 나타나고 있어 자본이 “-”인 현상에 의해 재무지표의 왜곡이 심하다는 사실을 알 수 있다.

2003년 동 해역에서의 활동성 비율 역시 2002년보다 낮게 나타나 어업수익 또는 어업소득이 감소하고 있다는 사실을 알 수 있게 해 준다. 자기자본비율이 “-”인 상태가 커지는 것도 이러한 현상을 보여주는 것으로 재무지표 전체를 보았을 때 동해역에서의 어가경영체의 경영상태 악화가 심화되고 있다는 사실을 알 수 있다.

제 3 절 유어낚시 및 관광실태 조사

1. 유어낚시

가. 조사대상 및 방법

전남 다도해형 바다목장 지역의 유어낚시객에 대한 설문조사는 바다목장 사업 전·후의 이용도 및 어촌의 수입증가와 여수시의 관광사업에 대한 비교, 분석을 하기 위한 기초자료로 사용하기 위하여 조사되었다. 또한 관광객과 유어낚시객의 소비자 잉여를 추정하기 위한 자료로 사용된다.

나. 조사결과

(1) 낚시객 현황

낚시객 현황에 대한 조사는 낚시객의 평균연령과 월평균소득에 대하여 조사를 실행하였다. 먼저 여수지역을 찾는 유어낚시객의 평균연령을 알아보는 조사로서, 가장 많은 비율을 차지하고 있는 연령대는 31세이상 40세 이하로 나타났다. 이 연령대는 전체 43.4%를 차지하는 384명으로 조사되었으며, 그 다음은 41세이상 50대미만으로 전체의 36.9%를 차지하는 326명으로 조사되었다. 다음은 월평균소득에 대하여 조사한 항목으로 주5일제 근무가 시행되고, 과연 어느 정도의 소득을 가진 사람이 낚시를 다니는지에 대한 조사로서 실행되었는데, 월평균 소득은 , 200이상 300이하가 47.4%인 425명이 응답을 했으며, 100이상 200미만이 25%인 224명으로 조사되었다.

(2) 출조형태

출조형태는 출조지역과 유어낚시 출조 그리고 어획되는 어종 등의 3가지 세부항목을 조사하였다. 먼저 출조지역에 대한 조사는 주로 출조하는 출조지역을 여수라고 응답한 비율이 전체의 63%에 해당하는 526명이 응답을 하였고, 다른 지역이라고 응답한 비율은 37%인 312명이 응답을 하였다.

낚시객이 주로 찾는 낚시 포인트는 갯바위로 전체 871명중 76%를 차지하는 660명이 응답을 했고, 선상낚시는 20%인 176명이 응답을 했다. 갯바위나 선상낚시에서 낚시를 하는 이유나 좋은 점은 조과에 대한 기대가 크다는 것이 낚시객의 주된 이유였으며, 낚시여행 결정에 가장 중요한 요소가 무엇이냐고 묻는 설문에서는 조과에 대한 기대, 시간적인 여유, 친목, 비용절약, 스트레스 해소, 편의시설 등의 설치가 가장 중요한 요소라고 대부분의 낚시객이 응답을 하였다.

(3) 낚시비용

본 항목은 낚시에 대한 투자 그리고 낚시비용 등의 2가지 항목을 조사하였는데, 먼저 1년 여가생활 중 낚시에 대한 시간투자 비율을 설문조사 한 결과 여가생활에 낚시를 20%이하로 투자한다고 응답한 비율이 31.4%인 280명이 응답을 했고, 다음으로 21%이상 40%이하라고 응답한 비율은 22.5%인 201명이었다.

다음은 여가생활에 대한 낚시의 금액투자에 대한 조사로 조사결과 전체 금액의 20%이하를 투자한다고 응답한 비율은 38.9%에 해당하는 341명이었고, 21%이상 40%이하를 투자한다고 응답한 비율은 21.1%인 185명으로 조사되었다. 낚시비용에 관한 조사는 동반여행객수, 동반유형, 총비용 등의 3가지 소항목을 가지고 조사를 진행했으며, 총비용의 경우 교통비, 식비, 숙박비, 낚시배 임대, 기타 잡비 등의 5가지 세부항목을 추가하여 조사를 진행하였다. 다음으로 동반유형은 가족, 낚시회, 동호회, 친구, 기타의 5가지 유형을 가지고 대상으로 설문조사를 진행하였으며, 설문조사 결과 가장 많은 비율을 보인 친구와 같이 왔다는 응답자는 전체의 39.4%를 차지하는 277명으로 조사되었다.

1회 출조시 평균기간에 대한 조사는, 당일이 35.4%인 290명, 2일이 61.8%로서 가장 많은 507명이 응답을 하였고, 3일의 경우는 2.8%인 23명이 응답을 하였다.

총여행시간에 대한 조사결과 1시간이 15.4%인 135명, 2시간이 21%인 185명, 3시간이 18.1%인 159명, 4시간이 20.6%인 181명 그리고 4시간 이상이 24.9%인 219명으로 조사되었다. 마지막으로 현지까지 타고 온 교통수단에 대한 설문조사 결과 본 항목은 자가용을 이용했다고 응답한 비율이 85.5%인 747명으로 조사되었다.

(4) 바다목장 이용의지

현재 여수해역에서 잡는 어획량이 2배정도 늘어난다면, 과연 몇 회나 더 여수해역을 방문하는가에 대한 조사를 실시하였다. 결과로서 연간 5번 이하로 응답한 비율은 전체의 48.6%를 차지하는 382명, 6번 이상 10번 미만은 27.9%인 219명으로 조사되었다.

(5) 바다목장 인지도

낚시객들이 여수에서 진행되는 바다목장 사업에 대해서 얼마나 알고 있는가에 대한

것으로 조사한 것으로 조사결과 전체의 39.9%인 351명이 알고 있다고 응답을 했으며, 잘 모르겠다고 응답한 비율은 60.1%인 529명이 응답을 하였다. 바다목장을 알고 있다고 응답한 응답자는 여수인근의 도시에 사는 낚시객으로 여수와 지리적으로 많이 떨어진 지역의 낚시객 특히 내륙지방에 있는 낚시객들은 대다수가 여수 바다목장에 대하여 모르고 있다. 또한 여수바다목장의 해역이 어디인지에 대한 낚시객의 인지도에 관한 것을 설문조사 하였는데, 전체의 17.6%가 알고 있다고 응답을 한 것에 반하여 82.4%가 모르고 있는 것으로 조사되었다.

2. 관광

현재 전남 다도해형 바다목장은 1차년도 마지막 사업이 끝난 상태이면, 내년부터 본격적인 설비투자가 진행되는데, 이와 같은 상황에서 바다목장사업 실시전의 현황을 조사하여 기본 정보와 자료를 축적하기 위한 조사로 매우 중요한 조사라고 할 수 있다. 금년도에는 평일, 연휴, 주말을 각각 조사하였으며, 금년의 경우도 전년도와 마찬가지로 바다목장 사업이 본격적인 실시는 안되었지만, 실시후에 효과를 분석하기 위하여 금년도에는 전체에 비하여 보다 많은 설문조사를 실시하였다.

(1) 관광현황

본 항목은 여수지역 관광경험, 여행의 목적 그리고 여행의 유형 등의 3가지 세부항목을 가지고 설문조사를 하였다.

첫째, 여수지역을 처음 찾는 관광객에 대한 설문조사에서 전체 응답자의 43.4%를 차지하고 있는 297명이 처음이라고 응답을 했으며, 전에도 여수지역을 방문했다는 응답자는 전체의 56.6%를 차지하고 있는 387명이 응답을 했다.

두번째, 여행의 주목적을 묻은 문항으로 해양스포츠 및 낚시 등의 레저·스포츠 여행, 해양자연경관구경, 명소구경, 친지 및 친구방문, 휴양 혹은 오락·유흥을 위한 여행, 기타 등의 총 6가지 문항을 가지고 설문조사를 실시했으며, 설문조사 결과 해양자연경관 구경이 전체 1079명의 45.9%를 차지하는 495명이 응답을 했다.

세번째로 여수여행이 당일여행인지, 숙박여행인지에 대한 조사를 통하여 여수를 찾는 관광객의 여행유형을 조사를 실행하였는데, 숙박을 한다고 응답한 비율이 전체 685명중 53.7%를 차지하는 368명이 응답을 했으며, 당일여행이라고 응답한 비율은 전체의 43.4%를 차지하는 297명이 응답을 했다. 잘 모르겠다고 응답하거나, 무응답을 한 비율은 전체의 2.9%인 20명이 응답을 했다. 전년도에 비하여 숙박여행의 비율이 15.7%가 증가하였고, 당일여행의 비율은 18.6%가 감소하였다.

숙박여행의 경우 여수지역에서 숙박을 한다고 응답한 비율이 약 70%로 조사되었는데, 다음은 숙박할 숙박시설을 조사한 것으로 호텔, 여관, 콘도, 민박, 여인숙, 친구나 친척집,

야영 등의 7가지 숙박시설을 놓고 조사한 것으로 호텔을 숙박시설로 이용한다고 대답한 비율이 전체의 53.6%를 차지하고 있으며, 여관의 경우 42.4%인 291명이 응답을 하였다.

(2) 여행비용

여행경비에 대한 결과로 이번 여행에서 소비되는 예상금액은 약 5,263만원이며, 현재까지 지출된 금액은 2,655만원으로 조사되었다. 하지만 실질적으로 남은 여행기간동안에 지출이 예상되는 금액은 3,262만원으로 조사되어, 여행전에 예상한 여행금액인 5,263만원보다 약 654만원정도가 초과되었다는 것을 알 수 있다.

다음은 1인당 하루 평균여행비용 분석으로 처음에 평균적으로 예상했던 여행비용은 7.81만원에서 현재까지 지출된 경비가 3.94만원으로 조사되었으며 앞으로 추가적으로 지출이 예상되는 비용은 4.84만원으로 0.97만원이 처음 예상했던 여행비용보다 추가되었다는 것을 알 수 있다. 이와 같은 총 여행비용중에 가장 높은 비율을 차지하는 것은 교통비이고 다음은 음식비 그리고 기타잡비 마지막 숙박비로 조사되었다.

다음으로 여수지역을 방문할 때 이용했던 교통수단을 조사한 것으로 열차, 고속·시의버스, 자가용, 비행기 등의 5가지 교통수단을 대상으로 조사를 했으면, 조사결과 자가용이 가장 높은 69.1%가 응답을 하였고, 그 다음으로 고속·시의버스가 18.7%인 133명이 응답을 하였다.

(3) 관광유형

본 항목은 여행자 직업, 월평균 소득 그리고 거주지 등의 3가지 항목을 가지고 설문조사를 실시하였다.

첫째, 여수지역을 방문한 관광객의 직업을 조사한 것으로, 여행자 직업의 경우 회사원이 전체의 21.9%를 차지하는 150명이 응답을 했으며, 그 다음으로 자영업이 18.7%를 차지하는 128명이 응답을 했다.

두 번째로 월평균 소득별 방문자 현황에 대한 조사결과 150만원이상 200만원이하라고 응답한 응답자수는 22.9%를 차지하는 156명이었고, 그 다음으로 200이상-250미만이 20.7%인 141명, 100만원 이하가 20.5%인 140명으로 조사되었다.

세 번째, 거주지에 대한 설문조사 결과 여수지역과 상당히 거리상으로 인접해 있는 광주·전남지역에서 찾아온 관광객의 숫자가 전체의 31.8%를 차지하고 있다. 다음으로 서울·경기가 22.3%를 차지하고 있다.

제 4 절 바다목장 이용관리체제 구축

1. 문제점 및 개선방향

가. 문제점

현재 여수 바다목장해역은 전술한 바와 같이 다수의 어업과 유어낚시객들이 경합적으로 이용하고 있는 것으로 파악되었다. 이로 문제점으로는 첫째 다수의 이각망이 바다목장 해역내에 설치되어 있어 바다목장 조성에 커다란 걸림돌로 작용하고 있다. 둘째, 자망어업은 외줄낚시어업과 대상어종이 경합될 뿐 아니라 폐어망이 인공어초 등 자원조성시설을 둘러싸므로 자원조성에도 영향을 크게 미칠 수 있다. 또한 어획강도가 상대적으로 높아 조성자원효과를 크게 떨어뜨릴 수 있다. 셋째, 유어낚시인과 어업인과의 마찰가능성이 상존하고 있으며, 마지막으로 다섯째, 다수 어업인들의 바다목장에서 경쟁적인 조업으로 인해 자원조성의 성과가 무의로 돌아갈 가능성이 있다는 것이다.

나. 개선방향

이상과 같은 문제점을 해결하기 위한 개선방향으로서 첫째는 전남 바다목장해역 전체를 수산자원관리수면으로 지정하는 한편 중점 시설해역에 대해서는 보호수면을 설치할 필요가 있다.

둘째, 이각망 등 정치성구획어업에 대한 근본적인 해결이 있어야 한다.

셋째, 바다목장 이용관리를 위한 어업인들의 조직체가 조기에 구성되어야 할 것이다.

넷째, 보호수면 및 수산자원관리수면이 지정되면 바다목장 감시감독체제를 구축하여 실질적인 관리가 이뤄질 수 있도록 하여야 할 것이다.

2. 보호수면 지정

가. 필요성 및 범위

전남 바다목장 해역에 보호수면을 지정할 필요성은 바다목장 해역을 보호수면으로 지정하여 방류된 치어를 보호함으로써 수산자원의 조성과 바다목장 사업의 효율적인 추진을 도모하고자 하는 것이다.

전남 바다목장의 경우 목표어종이 감성돔 및 돌돔 등 회유경로가 긴 종이기 때문에 대상어종의 회유경로 및 자원의 서식형태에 따라 치어성육장, 육성장 및 월동장을 조성하고 이 해역을 보호수면으로 지정하여야 할 필요가 있다.

둘째, 육성장은 여수바다목장 해역에서 감성돔이 가장 오래동안 머물면서 성장 할 수 있는 해역을 선정하였다. 금오열도의 중심에 속하는 안도를 둘러싸고 있는 해역이며 외삼서, 중삼서, 초삼서, 대부도, 소부도 등 크고 작은 섬들이 유기를 지난 미성어들의 성육장

으로서 조건을 잘 갖추고 있고 적절한 인공어초의 배치가 되면 목장 해역 내 집중적인 성육장 조건을 갖춘 곳이기도 하다.

셋째, 월동장은 소리도 남단 주변 해역으로 연안의 직벽 발달이 좋아 연안 수심이 20-30m로 깊고 40m 이상 대수심을 포함하고 있는 곳으로 금오열도에서는 최남단에 속하여 난류의 영향이 가장 강한 곳이기도 하다. 또 연안 수중에는 크고 작은 암초가 잘 발달하여 있고 해조류와 함께 풍부한 부착 생물들이 서식하고 있는 곳이므로 이 해역은 겨울철에 남하한 감성돔 떼가 월동하기에 적합한 해역으로 추정되는 곳이기도 하다. 치어육장은 개도, 금오도, 대두리도와 월항으로 둘러싸인 해역 779.4ha이다.

두 번째 육성장은 감성돔의 회유지인 금오도 서남쪽부터 안도 일대까지를 지정하는 방안이다. 즉 다음과 같이 6개의 지점을 연결한 638.6ha를 육성장 보호수면 범위로 한다. 이다. 마지막으로 월동장은 소리도 남동쪽 해역 294.4ha를 지정하는 방안이다. 즉 소리도 남동쪽으로부터 4개 지점을 연결한 해역을 월동장 보호수면으로 지정하는 것이다.

이와 같이 3개 보호수면을 지정할 경우 전체 면적은 1,712.4ha로써 전체 바다목장면적 15,000ha의 약 11%가 보호수면이 될 수 있을 것이다.

나. 보호수면 지정 관리방안

보호수면은 수산업법 제67조에서 규정하고 있으며 수산동식물의 산란·수산동식물의 종묘발생이나 치어(稚魚)의 성장을 위하여 적합하다고 인정한 시·도지사의 신청에 의해 해양수산부장관이 지정한 수면으로, 보호수면 안에서는 일체의 어로행위가 금지된다.

따라서 보호수면을 지정하기 위해서는 통영에서와 마찬가지로 전남도지사가 보호수면 지정절차에 따라 해양수산부장관에게 보호수면 지정을 신청하고, 해양수산부에서 이를 지정하여 고시하여야 할 것이다. 보호수면에서는 수산업법 제97조에 의하여 관리자의 승인을 얻지 않고는 일체의 공사를 할 수 없고 어로행위가 전면 금지된다. 만일 이를 어길 때에는 500만원 이하의 과태료가 부과되도록 하고 있다. 전남 바다목장 보호수면에서의 보호대상 수산동식물은 바다목장 조성을 위하여 방류되었거나 방류될 감성돔, 돌돔, 황점볼락 및 볼락이 될 것이다. 관리자는 전남남도지사가 된다. 물론 전남도지사는 여수시장에게 그 관리를 위임할 수 있을 것이다.

보호수면의 관리를 위하여 우선 전남도 및 여수시에서는 보호수면임을 알 수 있도록 하기 위하여 보호수면의 위치를 알 수 있는 입간판과 부표를 바다에 설치하여야 하고 전남도와 여수시 어업감독공무원 및 여수해경에서는 이를 철저히 감시하여야 할 것이다.

3. 수산자원관리수면 지정

가. 필요성 및 목적

수산자원관리수면(이하 '관리수면'이라 함)을 지정하여야 할 필요성은 크게 세 가지로

나누어 고찰할 수 있다. 첫째는 성공적인 바다목장의 조성을 위한 것이다. 바다목장은 어장과 자원을 인위적으로 조성하여 자원을 증대시키고, 자원상태에 맞게 이용함으로써 지속적으로 어업수익을 얻고자 하는 것이다.

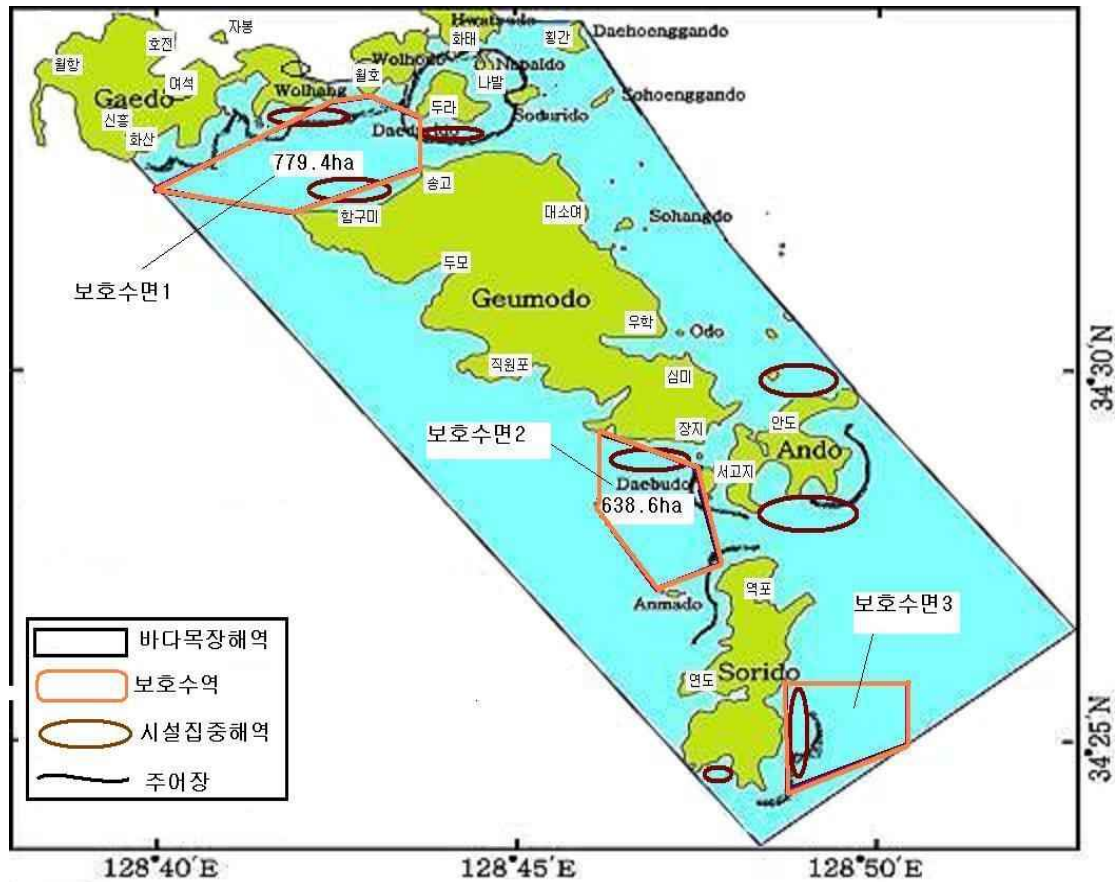


그림 5-1. 전남 다도해형 바다목장의 보호수면 지정도.

둘째는 효율적인 바다목장의 관리를 위한 것이다. 바다목장 조성과정에서의 바다목장 관리가 주로 바다목장의 성공적인 조성이 목표이고, 바다목장 조성후의 관리는 바다목장의 기능을 떨어뜨리지 않도록 이용하기 위한 것이다. 그럼으로 바다목장 조성정도에 따라 조성된 수산자원을 적절하게 이용하여야 하고, 시설물의 보호관리도 요구된다. 따라서 효율적인 바다목장의 관리를 위하여 수산자원관리수면을 지정하여 운용할 필요가 있다.

셋째는 법적인 관리의무사항 이행의 필요성이다. 2002년 제정되고 2003년 7월에 발효한 「기르는어업육성법」 제2조, 제9조, 제10조, 제11조에서는 바다목장을 조성중이거나 조성할 해역에 대해서는 수산자원관리수면을 지정하여 관리하도록 되어 있다. 그러나 동법에서 관리수면 지정에 관한 구체적인 사항을 규정하지 않음으로써 그 동안 관리수면을 지정하지 못했다. 그러나 2004년 3월 해양수산부에서 '수산자원관리수면에관한업무처리요령(이하 '요령'이라 함)'을 제정하여 각 시·도에 시달한 바 있어 관리수면 지정을 위한

법률시행의 근거가 미흡하나마 마련되었다고 할 수 있다. 따라서 각 시·도에서는 2004년 4월 1일부터 바다목장 사업 시행 구역에 대하여 수산자원관리수면을 지정하여 관리하여야 하여야 한다.

나. 관리수면 지정 절차

관리수면은 「기르는어업육성법」(이하 '법'이라 함)에 의하면 수산자원의 효율적인 관리·이용을 위하여 인공어초 또는 바다목장 시설물을 설치하였거나 설치할 예정인 수면(법 제10조제1항)이라고 정의하고 있다. 그 지정목적은 수산자원의 효율적 관리·이용(법 제10조제1항)이고, 지정권자는 시·도지사(법 제10조제1항)이다.

관리자는 시·도지사(법 제10조제2항)이고 관리방법은 관리자가 관리·이용규정을 정하여 관리하도록 되어 있다(법 제10조제2항). 지정절차 및 해제절차는 시·도지사가 관계 중앙행정기관장 협의 → 시·도지사 신청 → 해양수산부장관 승인 → 고시(법 제10조제3항 내지 제5항)의 순서로 되어 있다. 관리수면에서는 시·도지사 허가를 받아야만 매립, 준설 등 행위가 가능하고(법 제11조제1항), 수산동식물 포획·채취는 관리·이용 규정에 의해서만 가능하다(법 제11조제2항).

다. 관리수면 이용·관리

관리수면을 이용하게 하고자 할 때에는 시·도지사가 관리수면 관리·이용 규정을 정하여 할 수 있도록 하고 있다. 요령에서는 관리수면 관리·이용규정에서 정할 사항을 제시하고 있는데 그 내용은 다음과 같다.

- ① 관리수면의 위치, 구역도, 면적 및 지정기간에 관한 사항
- ② 관리수면의 관리자에 관한 사항
- ③ 어업인 등으로 하여금 관리수면을 이용하게 하는 경우 이용 대상자, 이용범위, 이용기간, 이용 가능한 어구·어법 및 어업의 종류 등 관리수면에서의 허용된 어업행위에 관한 사항
- ④ 관리수면 이용자의 준수사항에 관한 사항
- ⑤ 관리수면에서 제한 또는 금지에 관한 사항
- ⑥ 관리수면 관리·이용규정 위반자의 조치에 관한 사항
- ⑦ 기타 관리수면 지정목적 달성을 위해 각종 법령을 위반하지 않는 범위내에 관리, 또한 관리수면의 관리자는 원칙적으로 시·도지사이고 기초자치단체장에게 위임할 수 없다.

라. 이용관리체제 구축

이용관리조직의 구성은 바다목장의 관리에 관한 관련기관간의 상호 협조 및 정보 교

환을 통하여 바다목장사업의 원활한 추진과 바다목장의 효율적인 관리 및 자율관리어업 체제로의 정착을 도모하는 것이다.

이를 위하여 어업인들이 주축이 되어 구성하는 바다목장 자율관리어업위원회와 민관 학연으로 구성된 바다목장 관리운영협의회를 구성할 필요가 있다.

바다목장 자율관리어업위원회는 기존의 하향식 어업관리체제와 달리 어업인 스스로가 어업의 관리자이면서 이용자로서, 자원관리와 어업관리 등 어업행위 전반에 대해 규율을 정하고 실천하는 자율관리 실천조직을 말한다. 이 조직의 주체는 전남 바다목장 인근의 어촌의 어업인들의 조직인 어촌계로 하여금 담당하게 하는 것이 가장 바람직할 것이다. 물론 어촌별로 바다목장 이용·관리에 적합한 별도의 조직이 존재하면 그런 조직이 주체가 될 수도 있으나, 현재는 이러한 기능을 할 수 있는 조직으로는 어촌계가 가장 유리할 것이다.

4. 상시 감시감독 체제 구축

현재 바다목장수역 내에서 일어나는 불법어업에 대한 단속권은 여수시와 통영경찰서에서 가지고 있으나 24시간 경비가 요구되는 실정상 이들 인력의 부족으로 인해 수역 내 상시단속이 이루어지지 못하고 신고가 있어도 해당 수역에 도착하기까지 많은 시간이 소요된다. 특히 전남 다도해형 바다목장은 섬이 많아 전체 해역에 대한 관찰이 어렵고, 특히 최근에는 야간에 이루어지는 불법어업이 크게 증가하고 있고 이를 단속할 수 있는 인력이 부족한 실정이다. 따라서 유급감시원을 고용하여 해역에 대한 감시·감독을 상시화하는 등 전문인력에 의한 지속적인 감시체제가 구축될 필요가 있다.

목적은 바다목장에 조성된 유용수산자원에 대한 이용을 적절히 통제·관리함으로써 수산물을 지속적이고 안정적으로 공급할 수 있는 생산기반을 구축하고 향후 바다목장 이용·관리체제가 어업인의 자율관리를 통해 운용될 수 있도록 하기 위한 것이다.

5. 어업인 교육, 홍보 및 지도방안

가. 어업인 홍보방안

어업인 홍보방안은 크게 4가지 방법을 사용할 수 있겠는데, 그중 첫 번째가 설문조사를 실시할 때 바다목장 홍보유인물을 같이 배포하는 것이고, 둘째 통영과 같이 먼저 시작하여 자원증대의 효과가 나타난 바다목장사업지역에 어업인들의 견학을 실시하여 어업인들이 눈으로 보아서 자원증대의 효과를 볼 수 있게 해야 한다. 셋째 어업인 홍보와 더불어 유어낚시객, 관광객 등에 대한 바다목장 홍보대책을 강구 중에 있으면, 넷째로 최근 전남바다목장, 동·서·제주형바다목장사업이 진행되고 있어 홍보효과가 높은 편이며, 별도로 자원관리수면과 자율관리위원회 구성 등을 위한 어업인 홍보와 연구진과 어업인들의 회의가 추진중에 있다.

나. 어업인 교육방안

본 사업의 성패는 기술, 예산, 행정 등의 기능도 중요하지만, 실질적으로 바다목장을 이용하는 어업인들의 의식이 가장 중요하다고 할 수 있다. 그러므로 전남 다도해형 바다목장내의 어업인들에게 우선적으로 바다목장의 해역임을 인식시켜야 하고, 또한 자원증대를 위한 국가사업이라는 것을 먼저 인식시켜야 하겠다. 또한 권역내의 23개 어촌계 어업인들에게는 자신이 주인이라는 생각을 가지고, 불법어업을 하지 않도록 계속해서 주지시키고, 어촌계 회의를 통해 바다목장사업의 진행상황을 수시로 알려주면서 어업인들의 의견을 수렴하여 바다목장 사업이 더욱 번창할 수 있도록 해야 하겠다. 또한 정부, 시·군 관계자, 연구자, 학계에서 어업인들에게 바다목장에 대하여 교육을 시켜야 하며, 실질적 이용자인 어업인들과 합심하여야 사업을 진행해야 한다.

다른 한편으로는 바다목장 사업이 먼저 시작된 국내의 선진사례를 방문하여 현장체험을 통한 교육이 필요하고 방송, 언론매체 및 간담회 등을 통하여 홍보도 이루어져야 한다.

제 5 절 바다목장산 어획물의 유통체제 분석 및 구축방안

1. 활어유통실태

여수관내의 유통실태는 활어 산지유통의 전형적인 형태와는 달리 자연산 활어의 이용비율이 높고 양식산과 거의 비슷한 점유율을 보이고 있어 통영과는 다른 결과로 보여진다. 또한 어업인들의 위판장 이용비율이 높아 위판장을 통한 구매비중도 덩달아 높다는 특징을 보여주고 있다. 이는 통영지역이 자연산활어의 유통에서 물차나 시장좌판판매 등과 같은 낙후된 모습을 보여주는 것과 비교된다.

이용형태는 자연산 활어의 비율이 낮아지면서 양식활어의 비중이 다소 높아지고 있으나 아직까지는 그리 큰 차이는 없으며, 구매결정요인은 구매의 편의성과 품질에 많은 비중을 두고 있었다. 가격결정에 대한 권한(가격교섭력)은 소매점들이 적극적으로 개입하려는 성향이 통영지역에 비해 높았으며, 횡거리 전문 활어판매장에 대한 필요성은 아주 높았다. 또한 판매장이 갖추어야 할 점으로 저렴한 가격과 품질의 비중이 높게 나타났다.

전체적으로 유통구조가 안정되어 있고, 소매점들의 가격교섭력이 중간유통업자와 비슷한 정도로 보인다. 그러나 품질보다는 가격에 너무 치우친 성향을 보이고 있다.

2. 시장에서의 경쟁력 평가(가격 및 품질)

가. 경쟁력 평가

여수 바다목장 해역산 수산물에 대한 경쟁력 평가를 위한 사전조사에서는 전체적으로 자연산의 품질이 가장 좋은 것으로 인식하고 있으며, 다음이 목장산, 양식산, 수입산의 차

례로 응답하고 있다. 설문조사결과 나타난 이들 품질의 우열에 대한 인식관계는 다음과 같다.

자연산수산물 > 바다목장산수산물 > 양식수산물 > 수입수산물

응답자들이 품질우열을 결정한 이유를 보면, 자연산의 경우는 고객이 선호하기 때문이라는 응답이 가장 많았으며 무조건적인 선호, 품질과 시선도의 우수성 등의 응답이 있었다. 목장산의 경우는 자연산과 비슷하여, 위생품질면에서 우수성을 들고 있으며, 자연산보다 우수할 것이라는 의견도 있었다. 그러나 가격이 비쌀 것 같다는 우려도 있었다. 또한 목장산의 경우는 일부는 자연산과 비슷한 것으로 일부는 양식산과 비슷한 것으로 인식하는 어중간한 형태로 보는 응답자가 많았다. 양식산의 경우는 항생제 문제를 많이 언급하고 있었고, 취급의 용이성에서 선호하는 경향이 많았다.

3. 브랜드화

여수바다목장 어획물의 브랜드 가능성은 상당히 높게 평가되고 있는 것으로 나타났다. 특히 품질 면에서의 차별화가 가격보다 다소 높게 나타났다. 그러나 공급계약체결의 경우 다소 미진한 응답을 보여주고 있으며, 품질에 대한 사전평가에서는 자연산 수산물보다 못하고, 양식수산물과 수입산 수산물보다는 높다는 평가를 하고 있었다. 이러한 결과는 여수바다목장에서 어획되는 수산물이 실제로 판매될 경우에 자연산 활·선어보다 낮은 가격대를 형성할 가능성을 나타내는 것으로 제대로 된 평가라고 보기는 힘들다.

결국 여수바다목장에서 가장 가까이 있는 여수관내의 소매점들의 평가부터 이렇게 낮다면, 향후 여가 수익에 직결될 수 있는 어업인 수취가격의 제고나 부가가치 향상에 걸림돌이 될 수 있으므로 여기에 대한 대책이 시급히 필요하다.

제 6 절 전남 다도해형 바다목장 수정 마스터플랜

1. 수역범위

전남 다도해형 바다목장의 수역범위는 2002년 기본계획 수립시와 동일하다. 바다목장 면적이 넓어 관리상 어려움이 있다는 의견이 있어 다각도로 검토하였다. 그러나 바다목장 조성의 취지상 이 해역에서 가장 우점하는 감성돔을 목표어종으로 하는 한 동 어종의 생물생태적 특성 및 계절적 이동경로를 고려할 때 종전대로 하는 것이 바람직하다는 결론이었다. 따라서 그림 4-6-1에서와 같이 전남 바다목장 총면적은 203km²(20,300ha)이고, 바다면적은 약 151km²(15,100ha)로 개도, 월호도, 화태도, 대횡간도를 북쪽 경계로 하여 금오

도, 안도, 연도를 잇는 해역으로 한다.

따라서 전남 다도해형 바다목장 인문지리적 범위는 바다목장과 인접한 23개 어촌계 관할구역으로 하고, 3개의 보호수면을 설정하는 방안을 추가하였다.

2. 투자계획

가. 투자대상

전남 다도해형 바다목장 사업은 국가 시범사업으로서 R&D사업이면서 실제로 바다목장을 조성하는 투자사업의 성격을 가지고 있는데, 그 성격상 투자대상은 R&D 투자와 시설 투자로 구분할 수 있다.

시설투자는 수산자원학적인 관점에서 목표 어종이 서식하는 해역의 환경수용력을 늘리거나 자원을 첨가하는 것을 주요 사업의 쟁점으로 한다. 그러므로 수산자원학적인 관점에서는 크게 환경수용력을 늘리는 어장조성사업과 직접 가입량을 늘리는 종묘방류 등과 같은 자원조성사업으로 구별할 수 있다.

어장조성사업으로는 어장환경을 개선하는 시설, 해류를 변경하거나 차단하는 시설 및 수산자원이 산란하고, 성장하는데 적합한 환경을 만들어 주는 시설로 크게 3가지로 대별될 수 있다.

어종을 방류하여 가입자원량을 늘리는 자원조성사업은 위해서는 중간육성을 위한 가두리 양식장이 필요하고, 훈련을 위한 급이시스템이 필요하다. 급이시스템은 여러 가지 방법이 있지만 현재 가장 널리 사용하는 방법은 음향을 급이시 훈련시키는 음향 급이시스템이다.

이상의 시설투자사업설비 외에도 시범바다목장을 조성하기 위해서는 많은 연구개발이 요구된다. 연구개발투자는 크게 4가지로 분류되는데 환경관리 및 개선, 어장조성, 자원증대 및 바다목장 이용·관리 분야로 구분할 수 있다.

나. 사업별 투자규모

(1) 분야별 재원별 투자계획

전남 다도해형 바다목장 시범사업의 투자계획 수립의 기준은 2001년 연구에서 수립한 기본계획에 의하여 수립하였으며, 2002년에 수립된 마스터플랜을 2003년도에 구체적으로 연구하여 마스터플랜을 수정하게 되었다.

사업추진단계는 크게 3단계로서 구분하였으며 그 내용은 표 5-1과 같다. 총 사업기간은 8년으로 하고 1단계는 후보지 선정 및 바다목장 기반조성 단계기간으로 사업년도는 2001~2003년까지, 2단계는 바다목장 조성단계 기간으로 2004~2007년, 3단계는 사후관리 및 효과분석 단계기간으로 2008년으로 구분하였다.

표 5-1. 전남 다도해형 바다목장 시범사업 추진단계

구 분	1단계	2단계	3단계
기 간	2001-2003	2004-2007	2008
목 표	후보지 선정 및 바다목장 기반조성	바다목장 조성	사후관리 및 효과분석
주 요 내 용	• 해역환경 특성조사	• 모니터링시스템 운용에 의한 환경관리	• 환경 및 생태계 동태 파악
	• 어장조성 기반조사	• 시설물 실해역 투입 및 어장조성	• 바다목장시설의 관리 및 효과조사
	• 대상생물 생리생태조사	• 방류 및 생물군집변화 조사	• 방류종의 자원관리 및 재생산 조사
	• 후보지 선정, 기본계획 수립 및 사전 경제성 평가	• 바다목장 이용관리방안 수립 및 관리실태 조사	• 바다목장 종합계획수립 및 사후 투자효과분석

자료 : 해양수산부, 2002, 전남 다도해형 바다목장 기초조사 사업보고서, 797p.

연차별로는 기반조성 단계인 1단계(2001~2003년)가 4,266백만원으로 총 투자비의 12%이고, 실질적인 바다목장 조성기간인 2단계(2004~2007년)에는 총 투자비의 71%인 25,549백만원을 투자하도록 하였다. 그리고 마지막 3단계(2008년)에는 총 투자비의 17%인 6,025백만원을 투자하도록 하여 2단계 예산을 3단계로 이전하였다.

그러나 재원별 전체 투자규모는 총 투자액은 35,800백만원이고, 국가가 30,700백만원, 지자체가 3,300백만원, 어업인이 600백만원, 민간기업이 1,200백만원이다.

표 5-2. 재원별 연도별 투자계획

(단위 : 백만원)

분야	재 원	합계	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
합계	합 계	35,800	486	1,010	2,730	3,435	7,170	7,344	7,600	6,025
	국 가	30,700	486	990	2,700	6,100	6,274	6,500	6,700	4,950
	지자체	3,300	-	-	-	650	650	650	670	680
	어업인	600	-	20	30	85	120	120	130	95
	민 간	1,200	-	-	-	-	300	300	300	300
시설 투자	소 계	25,168	-	310	734	1,735	5,670	5,844	6,100	4,775
	국 가	20,068	-	290	704	1,000	4,600	4,774	5,000	3,700
	지자체	3,300	-	-	-	650	650	650	670	680
	어업인	600	-	20	30	85	120	120	130	95
	민 간	1,200	-	-	-	-	300	300	300	300
연구 개발	소 계	10,632	486	700	1,996	1,700	1,500	1,500	1,500	1,250
	국 가	10,632	486	700	1,996	1,700	1,500	1,500	1,500	1,250

분야별 투자규모는 시설투자비를 증가시켜 종전 23,454백만원에서 25,168백만원으로 약 70%를 접하도록 하였고, 나머지 30%인 10,632백만원은 연구개발비로 변경하였다. 시설투자비의 재원은 국가가 20,068백만원, 지자체가 3,300백만, 어업인이 600백만원, 민간기업이 1,200백만원이고, 연구개발비는 전액 국가가 투자하는 것으로 하였다.

(2) 시설투자 투자계획

어장조성 시설투자 규모는 16,334백만원으로 국가가 12,104백만원, 지자체가 3,030백만원, 민간이 1,200백만원을 투자하도록 하였다. 지자체와 민간은 인공어초에 투자하는 것으로 하였다. 자원증대를 위한 시설투자는 총 8,834백만원으로, 재원별로는 국가 7,964백만원, 지자체 270백만원 및 어업인 600백만원이다. 투자내역별로 보면 종묘의 중간육성 및 방류투자가 8,220백만원으로 대부분을 차지하고, 중간육성용 내파성 가두리 시설비가 214백만원 그리고 바다목장관리설비가 400백만원이다.

(3) 연구개발 투자계획

연구개발투자는 크게 환경관리 및 개선, 어장조성, 자원증대, 바다목장 이용관리분야로 나누어 투자하는 것을 기본으로 하였다. 연구분야별 연구내역 및 투자규모는 표 4-6-8과 같이 10,632백만원으로서 2002년 마스터플랜시보다 감소하였다.

(4) 연구개발 추진일정

연구개발 추진일정은 사업시행 초기년도인 2001년부터 마지막 년도인 2008년까지 계획을 세웠으며 각 분야별 세부연구추진 계획은 표 5-3 및 표 5-4와 같다. 2002년과 비교하여 금년도 마스터플랜 수립에서는 연구내용을 보다 세분화하였고, 추진일정을 전체적으로 투자계획의 변경에 따라 재조정하였다.

환경관리 및 개선분야의 1차적인 목적은 바다목장해역의 환경을 관리하고 개선하기 위한 각종 자료를 수집하는 것이다. 최종적으로는 현재 바다목장해역의 환경수용력을 추정하고, 향후 바다목장 조성으로 인하여 최대로 증대시킬 수 있는 환경수용력이 얼마인가를 알고자 하는 것이다. 이를 위하여 환경조사, 해저지형도 작성, 해수순환모델 및 생물군집 특성조사를 지속적으로 실시하게 된다.

어장조성분야는 크게 인공어초, 해중립, 소파제, 환경·급이시스템으로 분류된다. 동 연구목적은 어장조성을 위한 각종 시설물을 설치하는데 필요한 조건을 찾아내고, 해당 해역에 적합한 시설물의 종류, 규모, 형태 등을 결정하는 설계를 하는 것이다. 나아가서 시설물의 효과를 분석하고 유지보수 및 관리를 위한 방안 등을 마련하는 것이 본 연구의 목적이라 할 수 있다. 따라서 이미 연구되었거나 사용 중인 시설물에 대해서는 동 해역에 맞게 응용하는 연구가 대부분이라 할 수 있다.

표 5-3. 환경관리 및 개선분야 연구개발 추진일정

연구항목	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<input type="checkbox"/> 환경조사								
· 일반수질								
· 저질환경								
<input type="checkbox"/> 해저지형도								
· 2·3차 지형도 작성								
· 해저지형도와 환경자료 결합								
<input type="checkbox"/> 해수순환모델								
· 해수유동조사								
· 수치모델링								
<input type="checkbox"/> 생물군집 특성조사								
· 미생물								
· 동식물 프랑크톤								
· 저서동물								
· 해조류								
· 난치자어 및 성어								
<input type="checkbox"/> 환경수용력 추정								
· 생태계관리 모델링								
· 수치모델링								

자원증대분야는 자원을 첨가하여 자원증대를 꾀하는 한편 자원이 얼마만큼 어떻게 조성되었는가를 파악하는 등 자원량을 평가하여 지속가능한 어획수준을 제시하는 것이다. 이를 위하여 방류용 우량종묘의 생산이 우선 필요한데 이는 어종이 다르기 때문에 계속해서 연구되어야 할 부분이라 할 수 있다.

둘째는 방류전에 중간육성을 통하여 생존율을 높이는 기술을 개발하는 것이 필요한데 이를 위해서는 야간점등 등에 의한 중간육성과 음향순치를 통한 중간육성 등의 연구가 필요하다. 다음으로는 방류기술개발로서 이는 동 해역에 적합한 방류어 크기, 방류량, 방류 장소 등을 정하고, 방류어가 어디로 회유하는지 등을 파악하는 것이다. 그리고 최종적으로는 방류효과조사를 실시하여 자원량 평가자료로 활용할 수 있도록 한다. 한편 방류어가 어장조성 시설물에 잘 부착할 수 있는 설계를 할 수 있도록 하기 위하여 생태 및 행동에 관한 연구가 수행되며, 해중립 조성종의 생산기술도 개발하게 된다. 마지막으로 어장조성과 자원증대를 통하여 목표로 한 자원이 얼마나 증대되었는가를 과학적으로 평가하는 연구가 이뤄진다.

바다목장 이용관리분야의 연구목적은 바다목장 사업이 경제적으로 가치있는 사업이 될 수 있게 하기 위한 방안을 제시하는 것과 바다목장의 이용관리 방안을 수립하는 것이 주요 연구라 할 수 있다.

이용관리분야 연구항목은 크게 후보지 선정, 마스터플랜 수립, 바다목장 이용관리실태 조사, 바다목장 이용관리체제 구축, 바다목장산 어획물 유통체제 구축 및 경제적 효과분

석 등 종합계획 수립으로 구분할 수 있다. 전남의 경우 후보지 선정은 2001년에 실시하였고, 사전 타당성 분석 및 마스터플랜 수립은 2002년과 2003년에 실시하였다. 기타 사항에 대해서는 지속적으로 조사분석하여 바다목장 조성후의 효과와 비교분석할 수 있는 근거를 마련함과 아울러 가장 실현가능한 이용 및 관리방안을 수립하는 것이라 할 수 있다.

표 5-4. 어장조성분야 연구개발 추진일정

연구항목	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
<input type="checkbox"/> 인공어초								
· 기존 인공어초시설상태 파악								
· 투입적지 선정								
· 어초설계								
· 어초 서식지 모델개발								
· 효과분석 및 관리방안 수립								
<input type="checkbox"/> 해중립								
· 대상종 및 적지선정								
· 대상종 생태특성 파악								
· 해중립 적합도 판정								
· 종묘생산·이식 및 어초설계								
· 효과분석 및 관리방안 수립								
<input type="checkbox"/> 소파제								
· 개발현황 분석								
· 해양환경 어장분포특성 파악								
· 기본설계 및 안정성 분석								
· 실시설계 및 현장투입								
· 효과분석 및 관리방안 수립								
<input type="checkbox"/> 환경·급이시스템								
· 개발현황 분석								
· 시스템 설계								
· 안정성 검토								
· 효과분석 및 관리								

4. 경제성 분석

가. 직접효과

종묘방류는 2002년부터 일부 실시되었으나 실제 어획이 가능한 시기는 방류후 3년이 경과한 2005년부터 가능하기 때문에 어종별 자원량 및 어획량을 산출하였다. 그 결과 2005년 자원량은 20톤, 어획량은 10톤이고, 여수바다목장 사업이 종료되는 2008년에는 자원량 180톤, 어획량 90톤이므로 예상된다. 종묘방류와 어장조성 등을 통하여 자원량은 기하급수적으로 증가하여 2021년에는 최대가 되고 그 이상 증가하지 않고 유지되는 것으로 분석되었다. 최대 자원량 수준은 8,493톤이고 이때 어획가능량은 4,246톤으로 추정되었다. 어종별로는 황점볼락의 자원량은 97톤, 어획량은 49톤이고, 볼락은 653톤에 326톤, 감성돔

은 3,806톤에 1,903톤, 그리고 돌돔은 3,947톤에 1,968톤으로 추정되었다.

표 5-5. 어종별 자원량 및 어획량

구분	자원량					어획량				
	합계	황점 볼락	볼락	감성돔	돌돔	합계	황점 볼락	볼락	감성돔	돌돔
2005	20	0	0	20	0	10	0	0	10	0
2006	29	0	1	15	13	14	0	0	8	6
2007	36	4	2	20	10	18	2	1	10	5
2008	180	12	8	112	48	90	6	4	56	24
2009	233	16	11	112	95	117	8	5	56	47
2010	239	27	17	112	83	120	14	9	56	41
2011	612	29	38	339	206	306	14	19	169	103
2012	689	29	37	339	285	345	14	19	169	142
2013	690	41	54	339	256	345	21	27	169	128
2014	1,342	43	104	661	534	671	22	52	330	267
2015	1,480	43	93	661	683	740	22	46	330	342
2016	1,640	62	135	760	683	820	31	68	380	342
2017	3,193	65	261	1,586	1,281	1,597	32	131	793	641
2018	3,523	65	232	1,586	1,640	1,762	32	116	793	820
2019	3,895	92	338	1,825	1,640	1,948	46	169	912	820
2020	6,196	97	653	3,806	1,640	3,098	49	326	1,903	820
2021	8,493	97	653	3,806	3,937	4,246	49	326	1,903	1,968

직접효과는 전술한 바와 같이 어획량, 어가 및 어업비용에 의하여 결정된다. 2005년 어업수익은 150,000천원에서 최대 250,000천원이고, 이입이익은 최소 91,377천원에서 최대 156,377천원이었다. 연간 조업척수는 2005년 3척에서 자원증가에 따라 점차 증대시켜 2021년에는 1,300척이 투입될 수 있을 것으로 분석되었다. 여수바다목장 사업이 종료되는 2008년의 어업수익은 최소 1,623,000천원에서 최대 2,384,000천원으로 나타났고, 어업이익은 최소 999,720천원에서 1,494,370천원이었다. 한편 자원량이 최대가 되는 2021년에는 어업수익이 최소 836억원에서 최대 1,146억원에 이르고, 어업이익은 최소 518억원에서 최대 719억원인 것으로 추정되었다. 개별 어가의 소득이라 할 수 있는 어선 척당 어업이익은 2005년에는 최소 약 3,000만원에서 최대 5,100만원에 달했다. 2008년에는 최소 3,600만원에서 최대 5,400만원이고, 2021년에는 최소 4,000만원에서 5,500만원에 달했다.

이러한 척당 어업이익은 자가인건비를 포함하고 있고, 조업일수는 150여 일에 불과하기 때문에 계획대로 바다목장이 조성된다면 어가소득은 훨씬 커질 것으로 예상할 수 있다. 즉 바다목장이 아닌 해역에서 어업소득을 올릴 수 있고, 어업외 소득도 기대할 수 있기 때문이다.

나. 간접효과

여수 유어낚시 소비자 잉여를 산출하기 위하여 추정된 함수는 아래와 같다.

$$V_i = 53.57 - 3.40 TC_i + 0.37 Avidity_i$$

(7.95) (5.63)

$$R\text{-squared} = 0.36$$

여기서 V_i 는 각 각의 낚시객의 연간 방문 횟수를 나타내고 TC_i 는 낚시여행에 소요되는 평균 비용을 의미한다. $Avidity$ 는 각 각의 낚시객의 총 여가활동에 소요되는 비용 중에 바다낚시로 인해 소요되는 비용의 비율을 나타낸다. 낚시객의 1회 출조시 소비자 잉여는 47천원으로 추정되었다.

다. 경제성 분석

경제성 분석은 세 가지 기법을 활용하였다. 즉 순현재가치(Net Present Value: NPV), 내부수익율(Internal Rate of Return: IRR) 그리고 투자회수기간(Payback Period) 평가법을 활용하여 분석하였다. 분석기간은 바다목장 시설물의 내구년수인 50년으로 하였다. 한편 NPV를 추정하기 위한 할인율은 3%와 5%로 구분하여 평가하였다.

분석에 사용된 총편익은 직접효과인 어업수익과 간접효과이고, 총비용은 고정비인 시설투자비, 연구개발비, 어업고정비와 변동비인 어업비용과 바다목장 시설유지보수비로 구성하였다. 바다목장 유지보수비는 총편익의 약 5%로 하였다.

각 시나리오별 분석 결과 순현재가치는 모든 시나리오가 “+”를 나타내고 있음으로 어떤 시나리오에 의한 투자를 선택하듯이 경제적으로는 문제가 없는 것으로 나타났다.

내부수익율도 모두 최소 19.78%에서 최대 23.58%로 대단히 양호하였고, 투자회수기간도 13년에서 16년으로 나타났다. 그러나 통영의 예에서 보듯이 바다목장조성에 대한 투자와 노력여하에 따라서는 더 큰 효과가 나타날 수도 있을 것으로 여겨진다.

표 5-6. 시나리오별 경제적 타당성 분석

(단위 : 억원, %, 년)

구 분	최소 직접효과		최대 직접효과		최소 직간접효과		최대 직간접효과	
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
시나리오								
할인율	5%	3%	5%	3%	5%	5%	5%	5%
순현재가치(NPV)	3,049	5,641	4,369	7,993	3,570	6,571	4,889	8,923
내부수익율(IRR)	19.78		22.64		20.97		23.58	
투자회수기간	16		15		14		13	

제 7 절 결 론

전남 다도해형 바다목장사업은 통영과 더불어 남해안 다도해 특성을 활용한 바다목장 사업이다. 2001년도 전남 다도해형 바다목장사업 후보지로 선정되고 2002년 1년의 연구를 하였으나 너무나 범위가 넓고, 대상어종이 통영의 조피볼락이나 볼락과는 달리 회유성이 강하여 마스터플랜의 전면 수정이 요구되었다. 더욱이 통영바다목장사업에서 그랬듯이 계획대로 투자가 이뤄지지 않아 사업의 지연가능성이 높아졌다. 이러한 현실을 감안하여 금년도 연구에서는 기본적인 사업추진 체계는 유지하되 실현가능성을 높이기 위하여 2008년에도 시설투자가 이뤄지는 투자계획 수정을 하였다. 그리고 2002년 사전 경제성 분석시 보다도 많은 정보를 가지고 경제성을 분석한 결과 경제적 타당성이 있는 것으로 평가되어 사업추진에는 큰 어려움이 없을 것으로 여겨진다. 다만 전남다도해 바다목장사업이 성공하기 위해서는 여러 가지 요인들이 있겠지만, 가장 우려되는 부분은 계획기간내에 의도된 투자가 제대로 이뤄질 것이다. 또한 바다목장 조성을 위하여 규제를 할 경우 어업인들이 잘 따라줄 것인가이다. 특히 이각망의 조기 이설 및 재허가 불허와 같은 조치는 단지 어업인들만의 의식문제가 아닌 제도적 행정적인 문제이기도 하기 때문에 각별한 노력이 요구된다 하겠다.

한편 연구진들은 금년도에 수립한 바다목장 마스터플랜에 근거한 연구추진 일정에 따라 중복연구 없이 가시적인 효과를 거둘 수 있는 연구를 수행하여야 할 것이다. 많은 기관이 협동으로 추진하는 사업이다 보니 자칫 협동체제가 잘 가동하지 않을 경우에는 실패할 수도 있다. 따라서 각 기관 간, 연구 분야간에 많은 의견교환을 통해 공통의 목표를 가져야 할 필요가 있다. 또한 동 연구개발사업의 계약 및 수행의 문제점을 지적하지 않을 수 없다. 2003년 동 연구과제의 계약이 2003년 중순에 체결되어 2004년 중순에 마무리되게 됨으로써 6개월 이상 지연되고 있다. 따라서 연차별 계획대로 추진되기가 어렵고, 4개월 조사를 주로 하는 동 사업의 성격상 조사연구가 어려운 경우도 있다. 따라서 2004년에는 연구기간을 단축시켜서라도 연말로 연구를 종료하고 이듬해 연구를 연초부터 시행할 수 있도록 조정할 필요가 있다.

마지막으로 바다목장사업이 성공적으로 추진되기 위해서는 바다목장 이용관리가 제대로 이뤄져야 한다. 본 연구에서 제안한 보호수면 설치 및 수산자원관리수면 지정은 합리적인 바다목장 이용관리를 위한 최소한의 조치라 할 수 있다. 따라서 여수시와 전남도는 조속히 이러한 조치가 취해질 수 있도록 하여야 할 것이며, 어업인들에게도 충분히 홍보하고 지도하여야 하는 것은 아무리 강조해도 지나치지 않을 것이다.

부 록

방류 및 시설물 투자 현황

1. 2003년 목장 해역내 유용 수산 생물 방류 현황

- 방류 어종 및 프로필

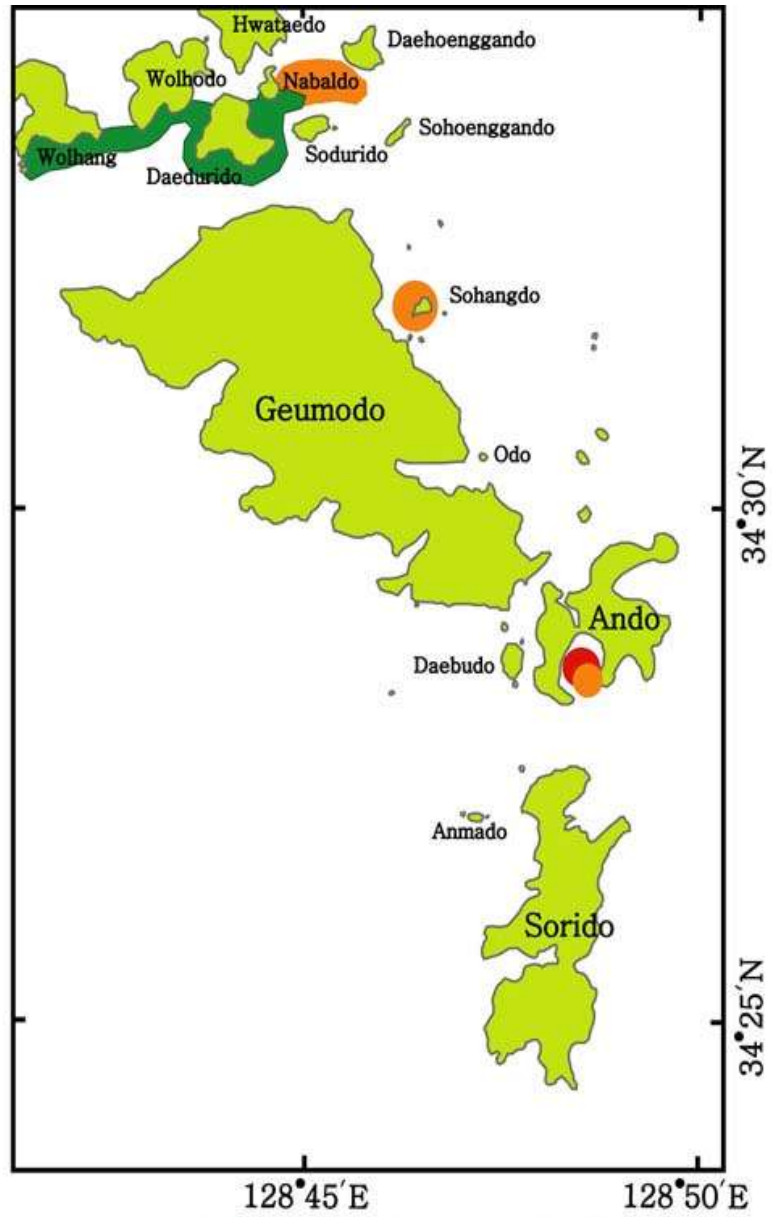
연월	어종	마리수	장소	크기 (cm)
2003. 08.	돌돔	190,000	횡간수로, 소두라도, 소항도	8.0-10
2003. 09.	감성돔	380,000	라발도, 소두라도 대두라도, 월호도, 개도	8.5-10
2004. 05.	볼락	50,000	안도	6.0-7.0
2004. 05.	돌돔	80,000	안도	6.0-7.0

종 수 : 3종

총마리수 : 700,000마리

총투자액 : 350백만원

- 방류 위치도



감성돔



돌돔



볼락

2. 2003년 전남 다도해형 바다목장 해역 내 시설 투자 현황

(시설비)

시설명	크기	수량	시설장소	시설비 (백만원)
중간육성장 관리자	9.0×12.0m	1조	송도	50
중간육성장작업대	8.8×12.2m	1조	송도	12
컨테이너 및 냉동창고		각각1조	송도	12
간이 음향급이기		1 EA	송도	50
어패류용 세라믹어초	2×2×2m	33 EA	소리도, 소항도, 용두(금오도)	230
		소 계		354

(연구비)

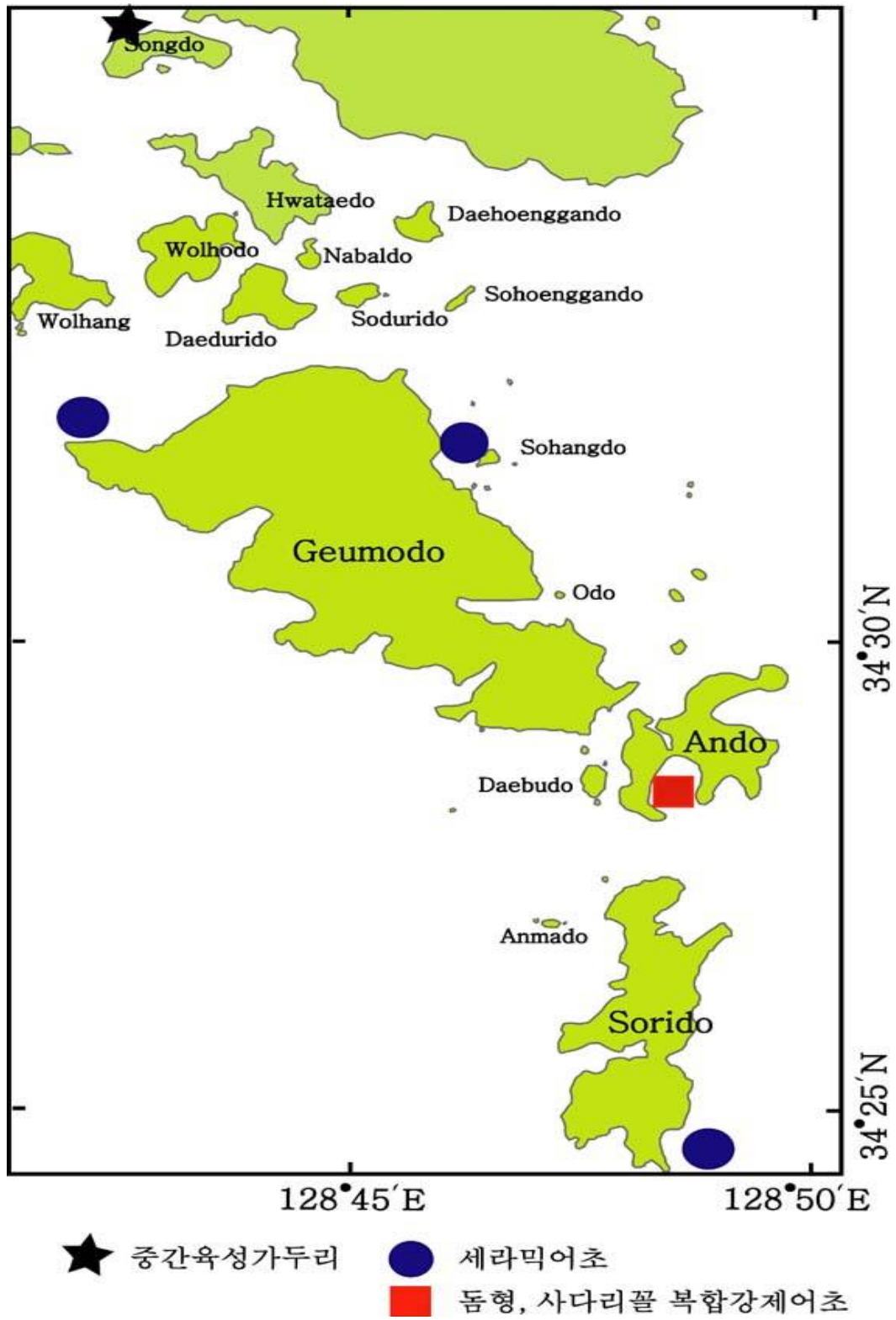
시설명	크기	수량	시설장소	시설비 (백만원)
돔형 복합강제어초	12×12×9m	1 EA	안도	18
사다리꼴 복합강제어초	10×10×5m	1 EA	안도	17
		소 계		35

(합계)

354 백만원*

※ 연구비 포함시키지 않음.

- 시설 위치도



- 중간육성장 관리사 및 연구시설



연구지원실(관리사)



가두리 작업대



간이음향급이기

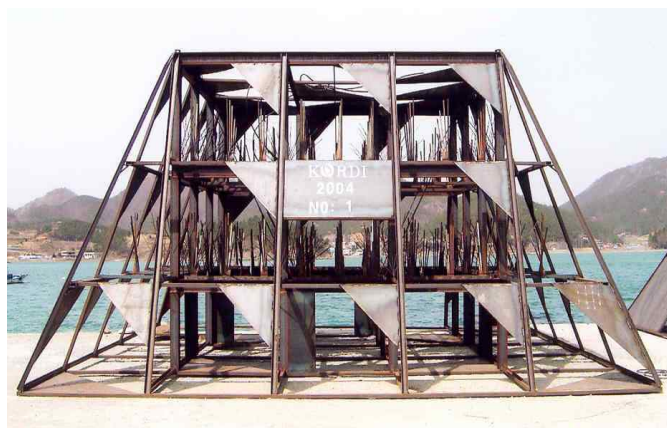
- 시설된 어초



세라믹 어초



돔형 복합강제어초



사다리꼴 복합강제어초

주 의

1. 이 보고서는 해양수산부에서 시행한 해양수산연구개발사업의 연구보고서입니다.
2. 이 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 해양수산부에서 시행한 해양수산연구개발사업의 연구 경과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가 과학기술 기밀유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 아니됩니다.